سلسلة تقدمات فى دراسات الخضر

٤

تقدمات فى دراسات

تكنولوجيا إنتاج محاصيل الخضر

تأليف

أ.د. أحمد عبد المنعم حسن

أستاذ الخضر المتفرغ

كلية الزراعة – جامعة القاهرة

٢٠٢٣

تقدمات فى دراسات تكنولوجيا إنتاج محاصيل الخضر

حسـن، أحمد عبد المنعم
تقدمات فى دراسـات تكنولوجيا إنتاج محاصيل الخضر
تأليف: أحمد عبد المنعم حسـن.
ط١.- القاهرة: - ٢٠٢٣ م - ١٤٤٤ هـ
٣٤٣ ص, ١٧ × ٢٤- (سـلسـلة تقدمات فى دراسـات الخضر).
إنتاج الخضر
فسيولوجيا الخضر
العنوان

الطبعة الأولى
١٤٤٤هـ - ٢٠٢٣م

مقدمة

كما يُستدل من عنوان هذا الكتاب، فإنه يركز على التقدمات فى دراسات تكنولوجيا إنتاج محاصيل الخضر؛ ولذا.. فإننا تجنبنا — قدر الإمكان — أى تكرار لِما سبق أن بيناه حول هذا الموضوع فى كتب سابقة، والتى كان منها:

- أساسيات وتكنولوجيا إنتاج الخضر فى الزراعات المكشوفة والمحمية (حسن ١٩٨٨).
- إنتاج وفسيولوجيا واعتماد بذور الخضر (حسن ١٩٩٤).
- أساسيات وفسيولوجيا الخضر (حسن ١٩٩٨).
- إنتاج الفلفل والباذنجان (حسن ٢٠٠١).
- إنتاج الخضر البقولية (حسن ٢٠٠١).
- إنتاج الفراولة (حسن ٢٠٠٢).
- إنتاج الخضر الكرنبية والرمرامية (حسن ٢٠٠٣).
- إنتاج الخضر الخيمية والعليقية (حسن ٢٠٠٣).
- إنتاج الخضر المركبة والخبازية والقلقاسية (حسن ٢٠٠٣).
- إنتاج الخضر الثانوية وغير التقليدية: الجزء الأول (حسن ٢٠٠٤).
- إنتاج الخضر الثانوية وغير التقليدية: الجزء الثانى (حسن ٢٠٠٤).
- إنتاج الخضر الثانوية وغير التقليدية: الجز الثالث (حسن ٢٠٠٤).
- أصول الزراعة العضوية: ما لها وما عليها (حسن ٢٠١١).
- أساسيات وتكنولوجيا إنتاج الخضر (حسن ٢٠١٥).
- تحديات إنتاج وتصدير الطماطم ووسائل التغلب عليها (حسن ٢٠١٨).
- القرعيات: تكنولوجيا الإنتاج المتميز وتحدياته ووسائل التغلب عليها (حسن ٢٠٢٠).

- البطاطس: تكنولوجيا الإنتاج المتميز وتحدياته ووسائل التغلب عليها (حسن ٢٠٢٠).
- الثوميات: تكنولوجيا الإنتاج المتميز وتحدياته ووسائل التغلب عليها (حسن ٢٠٢٢).

ويمكن الإطلاع على تلك الكتب وعلى غيرها من مؤلفاتى العلمية بالرجوع إلى صفحتى على جوجل:

https://sites.google.com/view/prof-ahmed-hassan-site/home

أ.د. احمد عبدالمنعم حسن

محتويات الكتاب

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

الفصل الرابع

الفراولـــة

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

الفصل الحادى عشر

الفصل الثانى عشر

صفحة

صفحة

الفصل الرابع عشر

صفحة

صفحة

الفصل السادس عشر

الخضر الدرنية والجذرية الأخرى ٢٦٣

تمهيــد

شهد إنتاج الخضر خلال العقد الماضى تقدمات كثيرة فى تكنولوجيا الإنتاج؛ الأمر الذى نتناوله بالشرح تحت مختلف محاصيل الخضر فى فصول الكتاب. ومن بين الأمور التى نالت اهتمام الباحثين — دون تحديد لمحصول معين — المواضيع التى نتناولها بالشرح فى هذا التمهيد.

الاستفادة من فاقد تصنيع الخضر فى معاملة البذور

تُعد البطاطس من أكثر الخضر فى الفاقد الذى ينتج عن التصنيع، ويحتوى هذا الفاقد على الجلوكوز بتركيز ٩٠ جم/لتر. وبالتخمير لمدة ٣٦ ساعة أمكن تحويل هذا الجلوكوز إلى جلوكونات الأمونيوم ammonium gluconate. ولقد أدت معاملة البذور بهذا الناتج (الذى وُجد إنه يحتوى على ٣٣,٧٣٪ كربون، و٦,٥٨٥ نيتروجين، و٠,٠٩١٪ كبريت).. أدت إلى ليونة الأغلفة البذرية، وزيادة امتصاص البذور للماء وإنباتها. كما أدت المعاملة إلى تحفيز نشاط الألفاأميليز، وهو الذى فكك خلايا إندوسبرم البذرة وحلل محتواها من الأميلوبلاست. كذلك أدت معاملة جلوكونات الأمونيوم إلى زيادة عدد الخلايا المنقسمة؛ مما أدى إلى زيادة طول منطقة النمو الميرستيمى؛ ومن ثم حفَّزت استطالة نمو الجذور (Chen وآخرون ٢٠٢٢).

تحسين خصائص التربة بإضافات البيوشار والأسمدة العضوية

تُعد إضافات البيوشار biochar المنتج من مختلف البقايا العضوية وسيلة فعَّالة للتحسين طويل المدى لخصوبة التربة وزيادة إنتاجية المحاصيل المزروعة فيها. ولقد وُجد أن البيوشار يُحسِّن احتفاظ التربة بالرطوبة، ومن ثبات تجمعات التربة، مع تحسينه لكلٍ من pH التربة، والسعة التبادلية الكاتيونية، والاحتفاظ بالعناصر، والنمو الميكروبى، والنشاط الإنزيمى (Kapoor وآخرون ٢٠٢٢).

ولقد وُجد أن إضافة مخلوط من الأسمدة العضوية والبيوشار للتربة حفَّز تكاثر كائنات التربة الدقيقة المفيدة؛ الأمر الذى أدى إلى تثبيط الإصابات المرضية بفطر الذبول

الفيوزارى *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae* فى الخس، وفطر الرايزكتونيا *Rhizoctonia solani* فى الطماطم، وفطر الاسكليروتينيا *Sclerotinia sclerotiorum* فى الخس (Bonanomi وآخرون ٢٠٢٢).

هذا.. ومن خلال عملية الكرنبة الحرارية المائية hydrothermal carbonization – وهى عملية حرارية/ كيميائية – تتحول الكتلة البيولوجية إلى مُنتج شبيه بالفحم يطلق عليه اسم هيدروشار hydrochar. والهيدروشار فيه الـ pH منخفض وملوحته عالية، ويتميز بقدرته العالية على الاحتفاظ بالرطوبة وبأن سعته التبادلية الكاتيونية عالية. هذا.. إلاّ إن الهيدروشار الطازج كثيرًا ما يضر بإنبات البذور، لكن تلك المشكلة يمكن التغلب عليها بالزراعة فى كمبوست البيوشار بدلاً من البيوشار الطازج (Roehrdanz وآخرون ٢٠١٩).

استخدام أغطية التربة التى تتحلل بيولوجيًا

جَرَت محاولات لاستخدام أغشية تتحلل بيولوجيا وتُصنَّع من النشا ومصادر بروتينية كالجيلاتين كبديل لاستخدام البلاستيك فى الزراعة، خاصة وأن مصادرها وفيرة. وقد تناول تلك المحاولات Rosseto وآخرون (٢٠١٩) فى مقال مرجعى.

وعلى الرغم من ارتفاع أسعار الملش البلاستيكى الذى يتحلل بيولوجيًّا فى التربة (إلى ماء وثانى أكسيد كربون وكتلة بيولوجية ميكروبية) فإن بعض المزارعين (كما فى ولاية تينِّسى الأمريكية) يقبلون على استعماله فى زراعات الخضر (Velandia وآخرون ٢٠٢٠).

إن الأمر يتطلب رفع أغطية التربة البلاستيكية بعد انتهاء موسم النمو والتخلص منها خارج الحقل حتى لا يضر بنشاط كائنات التربة، وبخصائص التربة الفيزيائية، وبتوفر العناصر فيها، وتلك عملية مكلفة. وبالمقارنة، فإن البلاستيك القابل للتحلل تتم حراثته فى التربة بعد انتهاء موسم النمو؛ حيث يتحول بفعل نشاط كائنات التربة الدقيقة إلى ماء، وثانى أكسيد كربون، وكتلة بيولوجية ميكروبية (Goldberger وآخرون ٢٠٢٠).

المكافحة البيولوجية للحشائش

يُفيد استخدام مبيدات حشائش من أصل بيولوجى كبديل لمبيدات الحشائش المخلقة — خاصة فى الزراعات العضوية — حيث يحد ذلك من التأثيرات البيئية السلبية، كما يزيد من تحمل النباتات لعوامل الشدِّ البيئى والبيولوجى، نظرًا لأنها توقف نمو الحشائش التى تصعب مقاومتها، وتلك التى تقاوم مبيدات الحشائش. وللإطلاع على تفاصيل هذا الموضوع.. يُراجع Barros وآخرون (٢٠٢١).

الملقحات الميكروبية وأهميتها

تناول Elnahal وآخرون (٢٠٢٢) فى مقال مرجعى أهمية المعاملة بالملقحات الميكروبية (الـ biofertilizers، والـ biopesticides، والـ nano-biofertilizers، والـ nano-biopesticides) فى زيادة الإنتاجية والزراعة المستدامة، وذلك من خلال تأثيراتها فى تحفيز النمو، وتوفير حماية للنباتات ضد عوامل الشدِّ البيئى والبيولوجى من خلال إنتاجها لمنظمات نمو نباتية، و siderophores، وتحفيز امتصاص العناصر، وزيادة المحصول، وإنتاج المركبات المضادة مثل المضادات الحيوية والإنزيمات المحللة، وسيانيد الأيدروجين، والمركبات العضوية المتطايرة.

هذا.. ويُكسب فطر الميكوريزا *Piriformospora indica* الداخلى التطفل endophytic fungus مميزات كثيرة للنباتات التى تُلقح به، وخاصة فى مجال نمو وتطور المحاصيل البستانية.

ولقد وُجد من عشرات الدراسات على عشرات من المحاصيل البستانية أن للفطر تأثيرات إيجابية، كما يلى:

١- تحسين امتصاص الماء والعناصر المعدنية.

٢- التبكير فى الإزهار.

٣- إنتاج البذور وإنباتها.

٤- زيادة القدرة على البناء الضوئى.

٥- زيادة معدل النمو، وخاصة فى الأراضى الفقيرة فى العناصر المغذية.

٦- إحداث تغير فى إنتاج مركبات الأيض الثانوية.

٧- تحفيز التأقلم والتحمل والمقاومة لعوامل الشد البيئى والبيولوجى.

ويتميز هذا الفطر بأن مدى عوائله واسع جدًّا، ويشمل معظم محاصيل الخضر. ولمزيد من التفاصيل حول هذا الموضوع.. يُراجع Mensah وآخرون (٢٠٢٠).

وقد قدَّم Zhu وآخرون (٢٠٢٢) شرحًا وافيًّا لوظائف وأهمية فطريات الميكوريزا arbuscular mycorrhizal fungi فى المحاصيل البستانية، وبينوا أن المعاملة — مع الميكوريزا — بمركبات كيميائية مختلفة، مثل الـ strigolactone، والـ polyamine، والـ melatonin، والبيوشار، وبميكروبات التربة، مثل البكتيريا المساعدة للميكوريزا، وبكتيريا المحيط الجذرى يمكن أن تُضخم التأثيرات الإيجابية للميكوريزا على النباتات العائلة لها. إن الميكوريزا تُحسِّن من إمدادات العناصر المغذية والماء للنباتات، وتزيد محصولها وجودتها، وتُحسِّن من تحملها لعوامل الشد البيئى ومن مقاومتها للأمراض (Zhu وآخرون ٢٠٢٢).

كما تناول Chauhan وآخرون (٢٠٢٢) موضوع المعاملة ببكتيريا المحيط الجذرى المنشطة للنمو لأجل تحسين النمو النباتى، وذلك فى مقال مرجعى.

هذا.. وتأوى النباتات كثيرًا من الأنواع الفطرية على أسطحها epiphytic وداخل أنسجتها endophytic، وهى تلعب أدوارًا هامة فى سلامة النباتات وقوة نموها. وبدراسة الأنواع التى تعيش على أسطح أو فى أنسجة الطماطم كانت الـ endophytes أقل عددًا وتنوعًا مقارنة بالـ epiphytes. كما تنوعت الـ endophytes فى مختلف الأنسجة النباتية، وكان أكثر التنوع فى الجذور. هذا.. وكانت معظم فطريات الـ epiohytes والـ endophytes من الفطريات الأسكية ascomycetes (معظمها من ثلاث classes)، وكانت معظم الفطريات غير الأسكية من الـ Basidiomycota (Dong وآخرون ٢٠٢١).

تحسين القيمة الغذائية للخضر وجودتها بالتخصيب

تناول Thakur وآخرون (٢٠٢٢) — فى مقال مرجعى — الوسائل المختلفة لتخصيب biofortification الخضر لزيادة محتواها من الفيتامينات والعناصر، وللتأثير على صفات جودة أخرى.

ولمزيد من التفاصيل حول العناصر الدقيقة المخلوبة على الأحماض الأمينية aminochelates، ودورها فى تحسين المحصول والجودة.. يُراجع Souri & Hatamian (٢٠١٩).

الحماية من لفحة الشمس بالمعاملة بمستحلبات دهنية خاصة

من المعروف أن الـ mycosporine-like amino acids (اختصارًا: MAAs) توفر حماية للكائنات المائية من الأشعة فوق البنفسجية، وقد دُرِس تأثير المعاملة بمستحلب دهنى يحتوى على MAAs قبل الحصاد على الحماية من لفحة الشمس. واستُخدِم لذلك مستحلب يحتوى على شمع الكارنوبا carnauba wax، وأيدروكسيد الأمونيوم؛ حيث كان ثابتًا ومشابها للشمع التجارى، واستُخدم المنتج التجارى Helioguard™ 365 كمصدر للـ MAA بتركيزات تراوحت بين ١٪، و٢٪ (حجم/حجم). ولقد وُجد أن دمج الـ MAA بالمستحلب لم يؤثر على ثباته، ووفر زيادة فى ادمصاص الأشعة فوق البنفسجية ب UV-B بقمة عند طول موجى تراوح بين ٢٨٠، و٣٠٠ نانوميتر؛ ومن ثم فإن المستحلب المحتوى على MAAs يمكن استعماله كحاجز كيميائى للحماية من لفحة الشمس فى الخضر (Pedrosa وآخرون ٢٠٢١).

وسائل الحماية من عوامل الشد البيئى

أهمية بكتيريا المحيط الجذرى

تلعب بكتيريا المحيط الجذرى المتحملة لظروف الشد البيئى دورًا هامًّا ضد حالات الشدِّ البيئى، وذلك بتحفيزها للنمو النباتى. ولهذه البكتيريا خصائص محفزة للنمو النباتى، مثل تمثيل الهرمونات، وللـ 1-aminocyclopropane-1-carboxylate

deaminase، و indole-3-acetic acid، و abscisic acid، وتثبيت آزوت الهواء الجوى، وإذابة الفوسفور والبوتاسيوم (Kumar وآخرون ٢٠١٩).

وأمكن الحصول على عزلة بكتيرية (MT7) من المحيط الجذرى للذرة عُرِّفت بأنها *Bacillus* sp. وعندما استُخدمت فى معاملة المحيط الجذرى للطماطم وجد أنها تتحمل مختلف عوامل الشدِّ البيئى، مثل الجفاف (حتى -٠,٧٣ ميجاباسكال)، والملح (١٠٪ كلوريد صوديوم)، والعناصر الثقيلة (الكروم والنحاس والنيكل بمستويات أعلى من المسموح بها) والحرارة (٢٥-٣٥°م).. ولقد سلكت العزلة أسلوبًا كيميائيًّا، وكونت غشاءً بيولوجيًّا تتحمل بهما العزلة إفرازات جذور الطماطم، وتمكنت من استعمار جذور الطماطم بغزارة. وتحت ظروف البيت المحمى تأثر نمو نباتات الطماطم إيجابيًّا، خاصة وأنها أنتجت إندول حامض الخليك (Pathania وآخرون ٢٠٢٠).

أهمية المعاملة بالسيليكون

على الرغم من مئات الدراسات التى تؤكد على دور السيليكون فى التغلب على مختلف عوامل الشدِّ البيئى والحيوى ونمو وتطور النباتات، فإن السيليكون لم يُستخدم إلى الآن بصورة روتينية فى الإنتاج النباتى لتحقيق تلك الفوائد من المعاملة به. وقد عدَّدَ Zellner وآخرون (٢٠٢١) الأسباب المحتملة لهذا الإحجام عن المعاملة بالعنصر على نطاق روتينى واسع.

أهمية المعاملة بالميلاتونين

أخذ الميلاتونين melatonin (وهو: N-acetyl-5-methoxytryptamine) اهتمامًا متزايدًا فى البحث النباتى لما يلعبه من أدوار متعددة فى النظام النباتى. فلقد عدَّل الميلاتونين من كفاءة الحدِّ من العناصر المحبة للأكسدة ونشَّط الاستجابات الدفاعية المضادة للأكسدة للتأقلم على حالات الشدِّ البيئى (شد الحرارة والبرودة والجفاف والملوحة)، والبيولوجى (الفطريات والفيروسات والبكتيريا والحشرات). ومن ذلك تفاعل الميلاتونين مع الهرمونات النباتية الأخرى فى تنظيم شد الجفاف والإصابات الفيروسية، كما يفيد فى

زيادة كفاءة المبيدات الفطرية؛ مما يجعل من الممكن الحد من استخدامها، وفى تحفيز النمو النباتى (Tiwari وآخرون ٢٠٢٠).

هذا.. ويتواجد الميلاتونين melatonin على نطاق واسع فى النباتات والحيوانات، ويعد منشطًا حيويًا لنمو النباتات وتطورها ويجعلها أكثر تحملاً لعوامل الشدِّ البيئى. ولقد تناول Zhao وآخرون (٢٠٢٢) هذا الموضوع بالتفصيل فى مقال مرجعى.

أهمية استخدامات تقنية النانوتكنولوجى

قدم Feregrino-Perez وآخرون (٢٠١٨) عرضًا لاستخدامات النانوتكنولوجى فى مجال البساتين من حيث المزايا والعيوب المحتملة.

هذا.. وتُستخدم جزيئات ومواد ومنتجات النانو (وهى التى تُصنَّع على مقياس النانو) بمعدلات منخفضة جدًّا لأجل الاستفادة منها فى إنتاج الخضر. ومن أكثر المجالات التى استُخدمت فيها تقنية النانو: الأسمدة، والمبيدات الفطرية ومبيدات الآفات، وتحسين إنبات البذور، وتحسين نمو البادرات، ومعالجة حالات الشدِّ البيئى والبيولوجى، وتحسين المحصول والجودة. ولقد تناول Shweta وآخرون (٢٠٢١) هذا الموضوع فى إنتاج محاصيل الخضر فى مقال مرجعى.

الزراعة العضوية: ما لها وما عليها

قدم Aulakh وآخرون (٢٠٢٢) — فى مقال مرجعى — عرضًا لإيجابيات وسلبيات الزراعة العضوية. ولقد تبين من استعراض الدراسات السابقة أن الزراعة العضوية تُحسِّن — بلا أدنى شك — جودة التربة؛ بسبب إضافات المخلفات الحيوانية (السبلة) والكمبوست لها، واتباع نظام محصولى تدخل فيه البقوليات. وعلى الجانب الآخر فإنه يوجد إجماع على أن المحصول ينخفض فى الزراعة العضوية بنسبة تتراوح بين ٥٪، و٥٨٪ عما فى الزراعة التقليدية، مع وجود استثناءات لذلك. وعلى الرغم من انخفاض المحصول فإن الزراعة العضوية قد تكون أكثر ربحية إذا ما سُوِّق المنتَج المتميز بأسعار

خاصة. أما دور الزراعة العضوية فى زيادة القيمة الغذائية للمنتجات العضوية فإنه أمر جدلى، إلاّ إن تلك المنتجات تُعد أكثر أمانًا. وعلى أساس الإنتاجية فإن الزراعة العضوية قد لا تكون خيارًا مفضلاً، لكن على أساس النظام البيئى الكلى فإن الزراعة العضوية لاشك أفضل من النظم التقليدية فى الزراعة.

الفصل الأول

الطماطم

العوامل البيئية

درجة الحرارة

أظهرت الدراسات أن تطعيم الطماطم على أصل من النوع البرى *S. habrachaites* يكسبها حماية من شدِّ البرودة؛ مما يسمح بالزراعة الحقلية المبكرة، ويقلل من كلفة الطاقة فى الزراعات المحمية. ولقد دُرِس تأثير تطعيم الطماطم من الصنف الحساس للبرودة منى ميكر Money Maker على ثلاثة أصول، هى: Multifort (وهو هجين نوعى *S. lycoperscum* × *S. habrochaites*)، وصنف الطماطم Shield، والسلالة LA1777 من *S. habrochaites*، مع تعريض النباتات لحرارة ١٥ °م ليلاً ونهارًا، ووجد أن الأصل Multifort قلل من آثار شدِّ البرودة، وتمثل ذلك فى زيادة مساحة الورقة، وزيادة مستوى تمثيل ثانى أكسيد الكربون وكفاءة البناء الضوئى. تميز الأصل Multifort بمجموعه الجذرى الكبير، وتمثل ذلك فى زيادة أطوال جذوره الدقيقة الأقل من ٠,٥ مم فى القطر بنسبة ٤٢٪ إلى ٥٦٪ عما فى حالة الأصول الأخرى (Suchoff وآخرون ٢٠١٨).

ملوحة التربة ووسائل الحد من أضرارها

التطعيم

أدى تطعيم صنفًا الطماطم الهجين Buran، و Berberana على الأصل Maxifort فى ملوحة عالية (٣,٨، و٦,٩٥، و٩,١٢ ديسى سيمنز/م) إلى تقليل النقص فى وزن الثمار — جراء تأثير الملوحة — بنسبة ٢٠٪ إلى ٣٠٪ (Koleska وآخرون ٢٠١٨).

كما أدى تطعيم سلالة طماطم حسَّاسة للملوحة (Tom 121) على سلالة متحملة للملوحة (Tom 174) إلى خفض النقص فى محصول السلالة الحساسة — جراء شدِّ

الملوحة (٥٠ مللى مول كلوريد صوديوم) — من ٤٤٪ إلى ٣٪. كذلك ازداد حجم الثمرة، ومحتوى المادة الجافة الكلى، وفيتامين C، بينما انخفض الـ pH فى ظروف الملوحة مع التطعيم على السلالة المتحملة. وبدا أن سلالة الطماطم المتحملة للملوحة Tom 174 تتحكم فى بعض الخصائص ذات العلاقة بالتحمل فى السلالة الحسَّاسة، مثل فتح وغلق الثغور للنتح ودخول ثانى أكسيد الكربون؛ ذلك لأن محتوى المادة الجافة ازداد. وقد لعبت السلالة المتحملة دورًا فى التعديل الأسموزى بالأوراق عندما استُخدِمت كأصل فى ظروف شدِّ الملوحة. أدى التطعيم كذلك إلى خفض تراكم الصوديوم فى الأوراق الحديثة (Coban وآخرون ٢٠٢٠).

السيليكون

أدت ملوحة قدرها ٥٠ مللى مول/لتر من كلوريد الصوديوم إلى خفض حجم النمو النباتى والمحصول، مع إحداث زيادة فى أعراض الإصابة بتعفن الطرف الزهرى. هذا.. بينما أدت المعاملة بالسيليكون بمعدل ٢ مللى مول/لتر من K_2SiO_3 — فى نفس وقت المعاملة لشدِّ الملوحة — إلى التغلب على أضرار الملوحة؛ بزيادة المحصول وقلة حالات الإصابة بتعفن الطرف الزهرى. ومن المزايا الأخرى التى حققتها المعاملة بالسيليكون (قبل أو بعد الحصاد) زيادة صلابة الثمار؛ مما أدى إلى زيادة قدرتها التخزينية (Costan وآخرون ٢٠١٩).

وأدت إضافة السيليكون للطماطم المعرضة لظروف شدِّ ملحى إلى تأخير الشيخوخة التى يحدثها شد الملوحة، وذلك بتقليل تحلل الكلوروفيل جوهريًّا، وكان ذلك مُصاحبًا بزيادة فى مستوى السيتوكينين وحامض الأبسيسك فى النباتات. ولقد أدت معاملة النباتات بمثبط لتمثيل السيتوكينين إلى إلغاء تأثير إضافة السيليكون فى تأخير الشيخوخة (Gou وآخرون ٢٠٢٢).

الأقلمة

أدت أقلمة شتلات الطماطم فى مزرعة مائية على شد ملحى معتدل قدرة ١٠ مللى مول كلوريد صوديوم لمدة ٧ أيام إلى جعلها تتحمل شدٍّ قدرة ١٥٠ مللى مول كلوريد

صوديوم لمدة ١٤ يومًا. وكان ذلك راجعًا إلى زيادة قدرة الشتلات المؤقلمة على خلب الصوديوم فى الفجوات العصارية، ومن ثم منع سمية الصوديوم على السيتوبلازم. كما ترافق ذلك مع تراكم كبير للبرولين، وتنشيط للإنزيمات المضادة للأكسدة، وكان من توابع ذلك أن تراكم فوق أكسيد الأيدروجين بدرجة أقل وتعرضت الأغشية الخلوية لضرر أقل فى النباتات المؤقلمة، لكن ذلك كله لم يكن مترافقاً بتحسن فى النمو النباتى (Kamanga وآخرون ٢٠٢٠).

التسميد بالبوتاسيوم

أدى التسميد بالبوتاسيوم عن طريق التربة (٤,٥ مللى مول) أو رشًّا على الأوراق (٢٪) إلى التغلب على شد الملوحة (EC= ٧,٥ ديسى سيمنز) فى الطماطم بتحسين الكتلة البيولوجية، وزيادة محتوى الكلوروفيل وتوصيل الثغور ونسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم (Jan وآخرون ٢٠٢٠).

الكائنات الدقيقة

يلعب الفطر *Piriformospora indica* الداخلى التطفل (indophytic) دورًا هامًّا فى تحسين النمو النباتى فى عدد من الأنواع النباتية فى ظروف الشد البيولوجى. وفى محاولة لدراسة تأثيره فى ظروف الشدِّ البيئى، متمثلاً فى شدِّ الملوحة.. عُرِّضت نباتات الطماطم لتركيز ٢٠٠ مللى مول كلوريد صوديوم لمدة شهر فى تربة خالية من مسببات الأمراض مع التلقيح بالفطر *P. indica* . ولقد وُجد أن المعاملة بالفطر حسَّنت التفرع الجذرى، والوزنين الطازج والجاف للنباتات التى عُرِّضت لشد الملوحة. كذلك أحدث استعمار الفطر لجذور الطماطم زيادة فى مستويات كلوروفيل b، وإندول حامض الخليك، ونشاط الكاتاليز والسوبر أوكسيد ديسميوتيز بالأوراق فى ظروف الشدِّ الملحى. وفى نفس الوقت قلل الفطر *P. indica* من الزيادة فى مستويات حامض الأبسيسك والبرولين، مقارنة بما حدث فى النباتات التى لم تُعامل بالفطر. كذلك كانت نسبة الصوديوم إلى البوتاسيوم فى أوراق وجذور النباتات التى عُومِلت بالفطر أقل مما حدث

فى النباتات التى لم تُعامل بالفطر، وربما كان مرد ذلك إلى التركيز العالى للبوتاسيوم الذى لوحظ فى أوراق وجذور نباتات التى عُومِلت بالفطر فى ظروف شدِّ الملوحة. وقد أدت المعاملة بالفطر إلى زيادة محصول الثمار بنسبة ٢٢٪ فى الظروف العادية، وبنسبة ٦٥٪ فى ظروف شدِّ الملوحة (Abdelaziz وآخرون ٢٠١٩).

ولقد ثبطت التربة الملحية القلوية saline-alkali soil من نمو نباتات الطماطم. وعندما أُضيفت الميكوريزا تحسَّن نمو النباتات جوهريًّا ، وازداد محتوى الثمار من المواد الصلبة وفيتامين ج، والسكر الذائب، والليكوبين، كما حسَّنت الميكوريزا من امتصاص النباتات للنيتروجين وقللت امتصاصها للصوديوم، وحَدَّت من انتقال الصوديوم من الجذور إلى النموات الخضرية؛ مما أدى إلى زيادة نسبة كل من البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم إلى الصوديوم بالأوراق والسيقان، كما وفَّرت حماية لأعضاء البناء الضوئى من الأضرار. كذلك أدت إضافة الميكوريزا إلى زيادة فى كلٍّ من تركيز الكلوروفيل، وصافى معدل البناء الضوئى، وتوصيل الثغور، ومعدل النتح. كما أثَّرت إضافة الميكوريزا إيجابيًّا على تركيبة الكائنات الدقيقة فى المحيط الجذرى؛ بزيادة كثافة البكتيريا والأكتينوميسيتات، وخفض كثافة الفطريات. كذلك مكنت إضافة الميكوريزا نباتات الطماطم من زيادة تراكم المواد الصلبة الذائبة والبرولين، وتغلبت على أضرار الأكسدة تحت ظروف الملوحة العالية (Kong وآخرون ٢٠٢٠).

الأحماض الأمينية

أدت الملوحة العالية فى المزارع المائية إلى الحدِّ من نمو نباتات الطماطم، إلاّ أن رش النباتات بأى من معاملات الأحماض الأمينية التالية: Met + Trp، أو Pro + Glu، أو L-Met أدى إلى إعكاس التأثيرات السلبية للملوحة العالية. ولم يكن مرد ذلك التأثير إلى أى اختلافات فى تركيز الكلور أو الصوديوم بالأوراق، أو إلى أى تغيير فى الحالة المائية بالنباتات، لكن كان مرده إلى تراكم السكريات الكلية الذائبة، وهى التى ربما أوقفت نشاط الشوارد المحبة للأكسدة التى يزداد تواجدها فى ظروف الملوحة العالية (Alfosea-Simón وآخرون ٢٠٢٠).

التسميد

أحدثت الملوحة العالية (١٠٠ مللى مول كلوريد الصوديوم) خفضًا فى نمو بادرات الطماطم وفى طول النمو الخضرى والجذور والوزن الجاف والطازج للجذور والنمو الخضرى، وثبات الأغشية الخلوية، والمحتوى المائى النسبى، والمساحة الورقية، بينما أدت إضافة الكالسيوم بتركيز ١٠ مللى مول كالسيوم إلى التغلب على التأثيرات السلبية للملوحة على دلائل النمو (Tanveer وآخرون ٢٠٢٠).

الجلوتاثيون

أحدث شدِّ الملوحة (١٠٠ مللى مول كلوريد صوديوم) ضررًا بالطماطم، تضمن تثبيط نمو البادرات، وإحداث حالة من عدم التوازن الأيونى داخل الخلايا بسبب تراكم أيونا الصوديوم والكلور فى الجذور والأوراق، وضعف القدرة على نقل أيونات البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم من الجذور إلى الأوراق. كذلك أحدث شد الملوحة زيادة فى مستويات البولى أمينات بالأوراق. ولقد أدت المعاملة بالـ L-buthionine-sulfoximine (اختصارًا: BSO) — وهو مثبط للإنزيم المسئول عن تمثيل الجلوتاثيون glutathione، وهو gamma-glutamylcysteine synthetase .. أدت المعاملة به فى ظروف الشدِّ الملحى إلى زيادة شدة تثبيط النمو وعدم التوازن الأيوتنى، وزيادة تراكم البولى أمينات. هذا.. إلاّ إن المعاملة الخارجية بالجلوتاثيون قللت من محتوى الجذور والأوراق من أيونى الصوديوم والكلور فى ظروف الملوحة، وكذلك فى ظروف الملوحة مع المعاملة بالـ BSO؛ حيث انتظم التوازن الأيونى وتوزيع الميتوكوندريات، مع تثبيط للانتقال النشط للصوديوم، وتحفيز لانتقال البوتاسيوم والكالسيوم من الجذور إلى الأوراق؛ وبذا.. أمكن تجنب عدم التوازن الأيونى وأضرار شد الملوحة. ولقد خفَّضت المعاملة بالـ GSH من مستويات أنشطة إنزيمات أيض البولى أمينات المفتاحية (Zhou وآخرون ٢٠١٩).

معاملات البذور

أدت معاملة بذور الطماطم بجرعة معتدلة من الـ UV-A إلى تحسين الإنبات، وزيادة معدل النمو والكتلة البيولوجية للبادرات ومساحة الأوراق الفلقية، وزيادة فى نشاط البناء

الضوئى، مع نقص فى مستويات الـ H_2O_2 والـ MDA، وتحفيز لنشاط إنزيم البيروكسيديز المضاد للأكسدة، وزيادة فى المحتوى الفينولى (Mariz-Ponte وآخرون ٢٠١٨).

إنتاج وتداول وخدمة الشتلات والشتل

بيئات الزراعة

وُجد أن إضافة كمبوست مخلفات الطماطم بنسبة ٥٪ أو ١٠٪ كبديل للبيت موس فى بيئات مخاليط البيت والفيروميكيوليت المستخدمة فى إنتاج شتلات الخضر (الطماطم والفلفل والخيار والكوسة) أسرع إنبات البذور وحسَّن من مظهر الشتلات (-Abdel Razzak وآخرون ٢٠١٩). هذا بينما كان لاستخدام كمبوست حطب الذرة كبديل للبيت فى مخاليط زراعات الصوبات تأثيرات سلبية عديدة، وخاصة عندما زِيدت نسبة الكمبوست فى المخلوط حتى ٥٠٪ (Ruis وآخرون ٢٠١٩).

الظروف البيئية المناسبة

الرطوبة النسبية

وُجد أن رفع الرطوبة النسبية إلى ٧٠٪ فى ظل حرارة عالية (١٨/٤١ °م) كان مقيدًا لنمو شتلات الطماطم؛ حيث ازداد فى تلك الظروف تراكم المادة الجافة؛ الأمر الذى لم يتحقق فى تلك الحرارة مع رطوبة نسبية أقل (٥٠٪)، كما ازداد أيضًا تركيز الأحماض الأمينية الحرة فى الرطوبة النسبية العالية (Zheng وآخرون ٢٠٢٠).

تقليل استطالة الشتلات بتعريضها لتيار هوائى

يُعد التحكم فى طول ساق الشتلات من المتطلبات الأساسية لإنتاج شتلات ذات جودة عالية، وذلك فيما يخص إندماجها واستقرارها بعد الشتل. ومن المعروف أن استطالة الشتلات يمكن تثبيطها بتعريضها لشد ميكانيكى. ولقد وُجد أن تعريض شتلات الطماطم وهى بعمر ٢١ يومًا لتيار هوائى متقطع لمدة ١٤ يومًا أدى إلى تثبيط استطالة سيقانها بنسبة حوالى ٣١٪ مقارنة بشتلات الكنترول التى لم تُعامل، دون

حدوث أى استجابة لمرات التعريض للتيار الهوائى application frequency (٨ إلى ٨٠ مرة يوميًّا). هذا إلاّ إن تثبيط استطالة الساق تأثر جوهريًّا بسرعة الهواء velocity (٠,٧ إلى ٦,٠ م/ثانية) بمنحنى sigmoid للتثبيط مقابل السرعة، ومع تأثير ضئيل للهواء حتى سرعة ٢,٠ م/ثانية (threshold velocity)، وزيادة فى التأثير مع زيادة سرعة الهواء حتى نقطة تشبع saturation point (Sparke وآخرون ٢٠٢٢).

كما أدى تحريك الهواء حول شتلات الطماطم بسرعة ٠,٦ م/ثانية إلى زيادة صلابة ومرونة قاعدة ساق النبات، وكانت العقدة الأولى أعلى جوهريًّا عما فى شتلات الكنترول التى لم تُعط هذه المعاملة، وكان مرد ذلك إلى تحسين تحريك الهواء للبيئة المحيطة بالنباتات microenvironment، وتحفيز النشاط الفسيولوجى للبادرات؛ ومن ثم تحسين نموها (Li وآخرون ٢٠٢٠).

تسميد المشاتل ومعاملة الشتلات بالكائنات الدقيقة

أدى استخدام المحاليل البادئة الغنية بالنيتروجين والفوسفور (٣٢٠ مجم/نبات نيتروجين، و٤٧٥ مجم فوسفور/نبات) فى تسميد شتلات الطماطم إلى زيادة المحصول الكلى بنسبة ١٨٪ (Rohwer & Fritz ٢٠١٦).

وقد أدت إضافة حبيبات دقيقة microgranules من ناتج تحلل البروتين النباتى vegetal-protein hydrolysates إلى بيئة إنتاج الشتلات (الطماطم والفلفل والباذنجان) بمعدل ٤,٠ جم/لتر إلى زيادة الوزن الطازج للنمو الخضرى بنسبة ٧٣٪، و٦١٪، و٣٣٪، والوزن الجاف بنسبة ٣٧٪، و٤٤٪، و٣٦٪ لكلٍّ من الباذنجان، والفلفل، والطماطم، على التوالى — كذلك ازداد محتوى الشتلات من كلٍّ من النيتروجين والبوتاسيوم، بينما لم يتأثر محتوى الكلوروفيل والكاروتينويدات فى الأوراق جوهريًّا إلاّ فى الطماطم عندما كانت الإضافة بمعدل ٢,٠، و٤,٠ جم/لتر. وتفيد هذه المعاملة فى تجنب الاستعمال المفرط للأسمدة مع إنتاج شتلات قوية النمو يمكنها تجنب صدمة الشتل بسهولة (Rouphael وآخرون ٢٠٢١).

ووجد أن معاملة شتلات الفلفل والطماطم بالمستخلص المائى للفيرميكمبوست المزود بفطر الترايكودرما *Trichoderma virens* – وليس *T. asperellum* تُحدث زيادات كبيرة فى النمو الخضرى والجذرى والمحصول، كما أسهمت المعاملة بالمستخلص المائى للفيرميكمبوست – فقط – فى تحمل الإصابة بالسلالة 1 من نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* فى كلا المحصولين (Pereira وآخرون ٢٠٢٠).

تأخير شيخوخة الشتلات

يُعد تأخير أو منع شيخوخة الأوراق الفلقية لشتلات الطماطم التجارية أمرًا مهمًا لأجل تحسين مظهر وجودة الشتلات المسوقة. ولقد وُجد أن معاملة البذور بالـ cold plasma بمستوى ٢٥ واط أدت إلى تأخير اصفرار وشيخوخة وانفصال الأوراق الفلقية. كذلك أدت هذه المعاملة للبذور عندما عُرِّضت البادرات للإظلام إلى منع تحلل الكلوروفيل، ومنع فقد وظيفة الـ photosystem II، والحد من نشاط الجينات ذات الصلة بالشيخوخة. وأدت هذه المعاملة إلى تحسين قدرة تضادية الأكسدة ذات الأهمية فى منع الشيخوخة، وعدَّلت – كذلك – من توازن السيتوكينينات والإثيلين لمنع الشيخوخة (Li وآخرون ٢٠٢١).

وقف نمو الشتلات قبل شتلها

تُفيد معاملة الشتلات بحامض الأبسيسك أو باليونى كونازول فى وقف نموها؛ فقد وُجد أن رش شتلات الطماطم قبل جاهزيتها للشتل بخمسة إلى سبعة أيام بحامض الأبسيسك بتركيز ٣,٨ ميكرومول فى وقف نموها وإطالة فترة تسويقها. أما المعاملة باليونى كونازول فتفيد فى إنتاج شتلات مندمجة.

يُعد وقف نمو الشتلات ضرورة فى المشاتل التجارية حتى لا يزداد نموها بصورة غير مقبولة وتستخدم لذلك المعاملة بمركبات مثل: حامض الأبسيسك abscisic acid واليونى كونازول uniconazole. وقد تبين أن حامض الأبسيسك يوقف استطالة الساق وكتلة النمو الخضرى بنسبة تصل إلى ٢٢٪، وأن هذا التأثير يزول بعد جاهزيتها للشتل

بسبعة أيام، بما يسمح بنمو مجموع جذرى جيد. أما معاملة اليونى كونازول فقد استمر تأثيرها فى وقف استطالة الساق بنسبة وصلت إلى ١٥٪ لمدة ٢٠ يومًا من المعاملة، أو حتى بعد ١٦ يومًا من جاهزيتها للشتل. وبصورة عامة .. كانت معاملة حامض الأبسيسك الأنسب لإطالة فترة صلاحية الشتلات للتسويق، بينما كانت معاملة اليونى كونازول الأنسب لإنتاج شتلات مندمجة compact. وعلى الرغم من أن معاملة حامض الأبسيسك أحدثت بعض الاصفرار بالأوراق، فإنه سرعان ما اختفى الاصفرار بعد ٧ أيام من جاهزيتها للشتل (Agehara & Leskovar ٢٠١٧).

تخزين الشتلات

أمكن تخزين شتلات الطماطم ذات الصلية plug seedlings من صنف Momotaro لمدة ١٢ أسبوع فى ظروف محدودية التسميد. حدث بطء أو توقف فى نمو الساق والأوراق وتراكم للكتلة البيولوجية فى هذه الشتلات خلال فترة التخزين، مقارنة بشتلات الكنترول التى كان ريها وتسميدها عادى. وبعد أسبوعين من الشتل كانت سيقان الشتلات التى خُزنت أقصر، لكنها لم تختلف عن شتلات الكنترول فى عدد الأوراق، كما لم يختلفا وقت الحصاد فى عدد الأوراق تحت العناقيد الثمرية، لكن تلك العناقيد تكونت على ارتفاع أقل فى الشتلات التى خُزِّنت عما كان عليه الوضع فى نباتات شتلات الكنترول. كذلك تساوى كلا النوعين من الشتلات فى عدد الثمار المنتجة والمحصول من العناقيد الثلاثة الأولى (Tanaka وآخرون ٢٠١٨).

الشتل والتغلب على صدمة الشتل

عندما قُورِنت شتلات الطماطم ذات الصلية plug transplants بالشتلات عارية الجذور bare-root transplants وُجد أن المحصول المبكر كان أعلى بنحو ٣٦٪ إلى ٩١٪ عن المحصول المبكر للشتلات ذات الصلايا، لكن الأخيرة تساوت فى المحصول أو كانت أعلى. وقد احتاجت الشتلات ذات الصلايا من الوقت لكى تثبت فى التربة لنحو ٢٠٪ فقط من احتياجات الشتلات العارية الجذور (Torres-Queszada وآخرون ٢٠٢٠).

ولقد أدت معاملة الشتلات بالـ 1-methylcyclopropene (اختصارًا: 1-MCP) قبل الشتل إلى تثبيط إنتاجها للإثيلين (وهو الذى يستحث تثبيطًا عامًّا للنمو؛ مسببًا لصدمة الشتل)؛ مما حسَّن نموها. وتميزت تلك الشتلات المعاملة قبل الشتل بأنها كانت خلال مرحلة الإزهار أطول، وفى مرحلة الإثمار كانت كتلتها البيولوجية أكبر بنحو ٢٣٪، وإزهارها أكثر بنحو ٢٢٪، مع وجود تحسن فى القدرة على البناء الضوئى وكنتيجة لذلك كانت النباتات المعاملة أعلى فى المحصول الكلى بنسبة ١٣٪ وفى المحصول الصالح للتسويق بنسبة ٢٤٪. ولقد ازداد عدد الأزهار بزيادة الكتلة البيولوجية، وازداد المحصول بزيادة عدد الأزهار (Agehara ٢٠٢٠).

التطعيم والأصول وتأثيراتها

من المراجع الشاملة فى موضوع تطعيم الطماطم من كافة الوجوه.. Singh (٢٠١٧).

وللإطلاع على جهود بحوث التطعيم فى المحاصيل البستانية — والتى تضمنت ١٣٧٦ بحثًا منشورًا خلال الفترة من ١٩٧٩ إلى ٢٠١٨، والتى كانت ٧٣٪ منها خلال السنوات العشرة الأخيرة من تلك الفترة — يُراجع Belmonte–Ureña وآخرين ٢٠٢٠).

الأصـول

لقد أدى استخدام الأصل Maxifort — وليس الأصل RST-106 — إلى زيادة المحصول الصالح للتسويق بنسبة ١٥٪ إلى ٣٠٪، لكن قوة النمو التى وفرتها تلك الأصول لم تُحافظ على المحصول الصالح للتسويق فى ظل خفض لمستوى التسميد الآزوتى (Suchoff وآخرون ٢٠١٩).

ولم يكن لتطعيم صنف الطماطم المتوارث Cherokee Purple، أو الصنف الهجين Fresh Plus على الأصل RST-04-106-T تأثيرات محددة على المحصول أو صفات جودة الثمار، ولكن يفضل استخدام هذا الأصل فى حالة التعرض للإصابة بالذبول البكتيرى (Lang & Nair ٢٠١٩).

ولقد استُخدمت سلالة الطماطم RVYC-66 من *S. lycopersicon* var. *cerasiforme* كأصل لتطعيم صنف الطماطم Giuliana بطريقتى الشق cleft، أو اللصق approach لدراسة

الظروف المناسبة للشفاء healing بعد التطعيم، وتأثير التطعيم على النمو والإنتاج. ولقد وُجد أن التطعيم بالشق يتطلب فترة حضانة على حرارة ٢٣ °م، بينما تطلب التطعيم باللصق حضانة على حرارة بين ٢٠/٢٥، و٢٣/٢٨ °م (نهار/ليل). ولم يكن لطريقة التطعيم تأثيرًا على كفاءة البناء الضوئى والإنتاج . هذا بينما وفَّر الأصل RVT-66 زيادة فى النمو الجذرى للبادرات، وكفاءة البناء الضوئى، وإنتاج الثمار (Zeist وآخرون ٢٠٢٠).

وأظهرت دراسة أجريت على صنف الطماطم Moneymaker والنوع *Solanum pimpinellifolium* — وهما يختلفان فى وزن ثمارهما وصفات جودتها — أن مختلف منتجات الأيض تُظهر استجابات مميزة للأصول التى يُطعَّما عليها، مع وجود تفاعل بين الطعم والأصل يؤثر فى مذاق الثمار. وتظهر الدراسة — كذلك — أن التركيب الوراثى للطعم وطريقة التطعيم يؤثران فى صفات جودة الثمار (Zhou وآخرون ٢٠٢٢).

الظروف البيئية المناسبة للتطعيم

كان نجاح التطعيم فى الطماطم أكثر من ٩٠٪ على حرارة ١٥ أو ٢٠ °م، لكنه انخفض جوهريًّا فى الحرارة العالية حتى وصل إلى ٢٠٪ على ٤٠ °م (Nordey وآخرون ٢٠٢٠).

هذا.. ويُوصى — غالبًا — يحجب الضوء لمدة ٢-٤ أيام مع توفير رطوبة نسبة عالية لمدة ٢-٤ أيام بعد إجراء التطعيم لأجل التئام الأصل مع الطعم؛ أى لأجل اكتمال الـ healing. كما اقتُرِح رفع حرارة الحصيرة mat التى توضع عليها أوانى الشتلات إلى ٢٧ °م لمدة ٧ أيام خلال الـ healing. هذا.. إلاّ إن دراسة أُجريت حول هذا الموضوع أوضحت أن رفع حرارة حصيرة الشتلات إلى ٢٧ °م كان ضارًّا بالشتلات المطعومة خلال الفترة الطويلة التى يُحجب فيها الضوء. كما أوضحت الدراسة أن حجب الضوء ليس ضروريًّا لالتئام الطعوم أيًّا كانت حرارة بيئة الجذور (Lang وآخرون ٢٠٢٠).

ولقد وُجد فى حالة الـ double-root grafting (وهو الذى يسمح بالـ chip grafting دون استعمال للـ plug trays) فى الطماطم أن التعريض لزيادة قدرها ٣٠٪ فى الضوء الأخضر — إلى جانب الضوء الأحمر والأزرق — أدى إلى زيادة نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة،

ومحتوى الكلوروفيل، وارتفاع النبات، ودليل قوة البادرات المطعومة، وتحسن فى نموها وأدائها، وإلى تحضير التحام منطقة التطعيم وتجذير الأصل ونمو البادرات المطعومة. وأدت زيادة نسبة الضوء الأخضر إلى تحسن أكبر فى التحام منطقة التطعيم والنمو الجذرى للأصل. وأظهرت الدراسة أن الضوء الأخضر ربما يخفض درجة انفتاح الثغور ومعدل النتح فى المراحل المبكرة للتطعيم. وأدت زيادة نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة إلى تحفيز لجننة الأنسجة، كما ازداد البناء الضوئى الذى حسَّن — بدوره — من نمو الأجزاء الهوائية، ومن انتقال الأكسين من الأوراق إلى منطقة التجذير وحفَّز تجذير السويقة الجنينية السفلى (Li وآخرون ٢٠٢١).

التأثيرات الفسيولوجية للأصول

يؤدى التطعيم على أصول معينة إلى حدوث زيادة فى امتصاص بعض العناصر؛ فعندما طُعِّم هجين الطماطم Primadonna على أى من الأصلين He-man أو Maxifort حدثت زيادة كبيرة فى الكتلة البييولوجية وفى تركيز عناصر النيتروجين والكالسيوم والنحاس فى النمو الخضرى، ونقصًا فى تركيز كل من المغنيسيوم والحديد، مقارنة بما حدث فى النباتات غير المطعومة أو المطعومة على نفس الصنف، وقد ازداد — كذلك — امتصاص الفوسفور والمنجنيز والبورون فى النباتات المطعومة على هذين الأصلين، إلاّ إن توجه تلك العناصر كان للجذور بدرجة أكبر عن توجهها إلى النموات الخضرية (Savvas وآخرون ٢٠١٧).

ودُرس تأثير أصول من الهجين النوعى *S. lycopersicum* × *S. habrochaites* (هى: Beaufort، و Maxifort، و Multifort، و RST-04-105) على صنف الطماطم Florida 47. عمومًا.. أدى استعمال الأصول الجذرية إلى زيادة فى المحصول الكلى والمحصول الصالح للتسويق بنسبة ٥٣٪، و٦٦٪ عمّا فى النباتات غير المطعومة وتلك المطعومة على نفس الصنف، على التوالى. ولقد كان مرد الزيادة فى المحصول الصالح للتسويق فى حالات استعمال الأصول Beaufort، و Maxifort، و Multifort إلى زيادة فى عدد الثمار بالنبات، بينما كان مرد الزيادة فى المحصول فى حالة استعمال الأصل RST-04-105 إلى زيادة فى

متوسط وزن الثمرة. هذا ولم يختلف محصول نباتات Florida 47 غير المطعومة عن محصول النباتات المطعومة على أصل من نفس الصنف.

ولقد أظهر تحليل دلائل النمو النباتى تحسنًا جوهريًّا فى المساحة الورقية الكلية عند بداية الحصاد فى النباتات المطعومة على أصول الهجن النوعية مقارنة بما حدث فى النباتات غير المطعومة وتلك المطعومة على نفس الصنف. كذلك ازداد تراكم النيتروجين والبوتاسيوم والكالسيوم فى النباتات المطعومة، وكان ذلك مُصاحِبًا للزيادة فى الكتلة البيولوجية، ولم تكن الزيادة فى تراكم العناصر مردها إلى زيادة فى تركيزها فى النباتات على أساس الوزن الجاف. أما الفوسفور فلم يتأثر تراكمه بوضوح بالتطعيم.

كذلك حافظ التطعيم على محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة، والحموضة المعايرة الكلية، وكذلك محتوى حامض الأسكوربيك والكاروتينويدات والفينولات الكلية، وذلك مقارنة بما كان عليه الوضع فى النباتات غير المطعومة (Djidonou وآخرون ٢٠١٧).

دور الأصول فى مكافحة الأمراض

أمكن مكافحة الذبول البكتيرى الذى تسببه البكتيريا *Ralstonia solanacearum* بصورة كاملة فى هجين الطماطم القابل للإصابة Red Mountain بتطعيمه على أى من ثلاثة أصول مقاومة، هى Cheong Gang، و RST-04-106-T، و Shield، بينما أظهرت حقول الطماطم غير المطعومة إصابة بنسبة ٣٠٪، و٨٠٪. وبينما أدى التطعيم على تلك الأصول إلى زيادة محصول الطماطم بنسبة ٨٨٪، و١٢٥٪ فى وجود المسبب المرضى بالتربة، فإن التطعيم لم يكن له أى تأثير إيجابى على المحصول فى الحقول الخالية من المسبب المرضى (Suchoff وآخرون ٢٠٢٠).

التعقيم البيولوجى للتربة

تساوت إضافة مواد عضوية للتربة تراوحت فيها نسبة الكربون من ١٠:١ إلى ٤٠:١ — فى ظروف لا هوائية — فى خفض إنبات الأجسام الحجرية للفطر *Sclerotium rolfsii*، وفى تحفيز استعمار الأجسام الحجرية بالـ *Trichoderma* spp.، وهو الذى ساد

تأثيره فى هذه الدراسة على الرغم من تواجد .*Aspergillus* spp، و .*Fusarium* spp وغيرهما من الفطريات (Shrestha وآخرون ٢٠١٨).

ولقد أمكن تعقيم التربة بيولوجيًّا (لا هوائيًّا) بنجاح باستعمال ١٤٨٢ جالون (حوالى ٣٧٠ لتر) من المولاس، و٢,٢٥ طن من سبلة الدواجن المكمورة composted poultry letter (المعاملة القياسية) للفدان، أو نصف تلك الكميات، وذلك لأجل مكافحة النيماتودا المتطفلة ومسببات الأمراض التى تتواجد فى التربة والحشائش فى حقل للطماطم. وعلى الرغم من زيادة كلفة عملية التعقيم تلك عن التعقيم بالتبخير الكيميائى، فإن الزيادة فى العائد فى حالة التعقيم اللاهوائى — مقارنة بالتبخير الكيميائى — كانت كبيرة، وإن كانت الزيادة فى العائد فى حالة معاملة التعقيم اللاهوائى القياسية (٢٧٧٠,١٣ دولار/فدان) كانت — تقريبًا — ٤,٤ ضِعف الزيادة فى العائد فى حالة التعقيم اللاهوائى بنصف الكميات (٦٣٠,١٣ دولار/فدان) فى فلوريدا (Shi وآخرون ٢٠٢٠).

ولقد أمكن التعرف على ٢٦ مركباً متطايرًا من بذور *Zanthoxylum bungeanum*، كان بعضها قاتل لنيماتودا تعقد الجذور. وبمعاملة زراعات الطماطم بهذه البذور فإنها خفَّضت جوهريًّا حتى ٨٠٪ –٩٠٪ من عشيرة نيماتودا تعقد الجذور فى التربة، إضافة إلى إنها أحدثت زيادة جوهرية فى السكر الذائب الكلى، والمواد الصلبة الذائبة، والبروتين الذائب، والحموضة المعايرة، والنشاط الجذرى، ومحصول الثمار. كذلك أدت المعاملة إلى زيادة محتوى التربة من النيتروجين والبوتاسيوم الميسر ونشاط إنزيمات التربة، ومن تنوع بكتيريا التربة (Wang وآخرون ٢٠٢١).

الإضافات العضوية للتربة

الأسمدة العضوية النباتية والحيوانية

أدت إضافة السماد الأخضر أو ريش الدجاج منفردين أو مجتمعين لحقل إنتاج الطماطم إلى إحداث تحسُن جوهرى فى كثافة التربة الظاهرية، وزيادة المسامية، ومحتوى التربة من

المادة العضوية، والعناصر المغذية، والمحصول، ومحتوى ثمار الطماطم من العناصر الغذائية مقارنة بما كان عليه الوقع فى معاملة الكنترول. وعندما أُضيف السماد العضوى مع كلٍّ من ريش الدجاج وسماد نبات الـ *Tithonia* الأخضر كانت تلك القياسات التى سبق بيانها فى أعلى معدل لها. ولقد أدت المعاملة برش الدجاج وسماد الـ *Tithonia* الأخضر إلى زيادة محصول الطماطم بنسبة ٢٠٪ مقارنة باستعمال ريش الدجاج منفردًا، وبنسبة ٥٣,٠٪ مقارنة باستعمال سماد *Tithonia* الأخضر منفردًا، وبنسبة ٧٧,٠٪ مقارنة باستعمال نباتات الموز كسماد أخضر منفردًا، وبنسبة ١٣٢,٥٪ مقارنة بالكنترول، وذلك فى السنة الأولى للدراسة، وبنسب ٢٨,٣٪، و٥٩,٢٪، و٧٣,٠٪، و٢٣٧,٣٪ – على التوالى — فى السنة الثانية للدراسة. ولقد كان مرد الزيادات فى النمو والمحصول ومحتوى العناصر بالطماطم عند المعاملة بريش الدجاج مع سماد الـ *Tithonia* إلى تحسن خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية، وكذلك بسبب حقيقة أن التحلل البطئ لريش الدجاج يسمح باستمرار بقاء العناصر المنطلقة من الـ *Tithonia* سريع التحلل فى منطقة نمو الجذور (Adekiya ٢٠١٩).

المخلفات العضوية

أثَّر استخدام مخلفات تصنيع الفينوكيا والليمون الأضاليا ومخلفات تصنيع البيرة — كمنشطات حيوية — إيجابيًّا فى نمو وصفات جودة ثمار الطماطم فى الإنتاج العضوى، وكانت مخلفات تصنيع الفينوكيا أقواها تأثيرًا (Abou Chehade وآخرون ٢٠١٨).

البيوشار

تباينت مختلف تجهيزات البيوشار المجهز من مصادر مختلفة فى تأثيراتها على نمو ومحصول الطماطم، وكان أفضلها البيوشار المجهز من ألياف جوز الهند المخلوط معها مخلفات عصر الزيتون (Fornes وآخرون ٢٠١٧).

ويُعد تلوث التربة بالمعادن من أكبر المخاطر على الصحة جراء تأثيرها على سلسلة الغذاء. ولقد ثبت أن البيوشار biochar أداة زراعية واعدة لتحسين محصول النباتات وجودة محاصيل الخضر. ولقد أدت إضافة البيوشار إلى تربة ملوثة بالمعادن بمعدل ٥ أو ١٠ طن للهكتار (٢,١ أو ٤,٢ طن للفدان) إلى تراكم عنصرى النحاس والزنك فى الجزء

غير المأكول من نباتات الطماطم بنسبة ٨٠٪، و٨٤٪، بينما انتقل ٢٠٪، و١٦٪ من العنصرين – على التوالى – إلى الثمار. كذلك احتفظ الجزء غير المأكول من النباتات بالرصاص والكادميم بنسبة ٩٩,٩٪، و٩٩,٨٪ على التوالى – مقارنة بنسبة ٠,١٪، و٠,٢٪ من العنصرين – على التوالى – فى الثمار. وقد تناقص تركيز المعادن فى أنسجة الطماطم بزيادة كمية البيوشار المضافة للتربة. ومع إضافة البيوشار ازدادت الحموضة الكلية بالثمار بنسبة ٣٣٪، والمواد الصلبة الذائبة الكلية بنسبة ٢٩٪، وفيتامين ج بنسبة ٣٩٪، والليكوبيبن بنسبة ٢٤٪. كذلك أدت إضافة البيوشار إلى زيادة تيسر العناصر الضرورية وامتصاصها، مع الحد من امتصاص العناصر السامة (Almaroai & Eissa ٢٠٢٠).

البوليمرات وبوليمر نشا الذرة

تُضاف للتربة البوليمرات ذات القدرة العالية على امتصاص الماء، وذلك فى الأجواء الجافة وشبه الجافة؛ لأجل زيادة قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة، وخفض تسرب النيتروجين منها. ولطالما استُخدِمت البوليمرات المصنَّعة من البترول أو المواد الطبيعية. وقد أُجريت محاولة لاستخدام بوليمرات عالية القدرة على امتصاص الرطوبة – تتحلل بيولوجيًّا ومصنَّعة من نشا الذرة – فى إنتاج الطماطم لأجل الحدِّ من التأثيرات السلبية – على المدى الطويل – لاستخدام البوليمرات المصنَّعة من البترول. ووُجد أن إضافة بوليمر الذرة أدى إلى الحد من تسرب ماء الرى وفقد النترات بدرجة عالية بعد الرى، كما أدت إلى زيادة عدد الأوراق والأزهار والثمار، وإنتاج المادة الجافة وتحسين المحصول (Kathi وآخرون ٢٠٢١).

الحماية من رذاذ مبيدات الحشائش

وُجد أن رش بعض مضادات النتح – مثل: Moisture Loc، و Wilt-Pruf – بمعدل ١٠٠ مل/لتر من أى منهما يوفر حماية كاملة ضد أضرار رذاذ مبيدات الحشائش من طراز الأوكسينات مثل: Dicamba، و 2,4-D (Warmund وآخرون ٢٠٢١).

أغطية التربة (الملش mulch) البلاستيكية والقابلة للتحلل

دُرِسَ تأثير ثلاثة أنواع من الملش للطماطم فى العروة الصيفية، هى: بلاستيك رمادى/فضى من البوليثين (PF)، وورق يتحلل بيولوجيًّا من القش (BP)، وشرائح بيولوجية من القش مع الفحم المتحلل decomposed coal (BB) على خصائص التربة والنبات. وعلى الرغم من أن ملش الـ PF رفع رطوبة التربة، فإنه أدى إلى زيادة حرارة التربة، والـ pH، والتوصيل الكهربائى EC، وإلى خفض الفوسفور الميسر؛ مما أدى إلى خفض النمو النباتى (طول الجذر وقطره، ومعدل النمو النسبى لارتباع النبات، ومساحة الورقة، وكتلة النمو الخضرى والجذرى البيولوجية)، ومحصول الثمار. وأدى الملش الـ BB إلى خفض حرارة التربة، إلاّ إنه خفَّض – كذلك – رطوبة التربة، ونشاط الإنفرتيز بها، مع زيادة التوصيل الكهربائى؛ مما أدى إلى تقليل النمو الجذرى (قطر الجذر وكتلته البيولوجية ونسبة الجذور إلى النمو الخضرى). أما ملش الـ BP فإنه خفض حرارة التربة وأدى إلى زيادة رطوبة التربة؛ مما انعكس فى عدة مزايا، مثل خفض التوصيل الكهربائى للتربة، ونشاط إنزيمات التربة، وتحسين النمو النباتى (طول الجذر، ومعدل النمو النسبى لارتفاع النبات، ومساحة الورقة، وكتلة النبات البيولوجية، ونسبة الجذور إلى النمو الخضرى)، وزيادة محصول الثمار. كذلك حدث تحسن جزئى فى صفات جودة الثمار عندما استُعمل الملش الـ BP؛ بسبب خفضه لمحتواها من النترات، وزيادته لمحتواها من فيتامين ج. وبذا.. كان الملش الـ BP هو الأفضل للطماطم فى العروة الصيفية (Zhang وآخرون ٢٠١٩).

كما دُرس تأثير استعمال الملش البلاستيكى الأسود والفضى والعضوى (قش القمح) على النمو الميكروبى فى المحيط الجذرى للطماطم والنمو النباتى وامتصاص العناصر فى تربة فقيرة، ووُجد ما يلى:

١– ساعد الملش الفضى على وفرة النمو الميكروبى فى المحيط الجذرى، بما فى ذلك الكائنات المذيبة للفوسفور، بينما أدى الملش العضوى إلى زيادة الفطريات والأكتينوميسيتات فى المحيط الجذرى.

٢– حسّن الملش كثيرًا من النمو الخضرى وقطر الساق وعدد الفروع الجانبية.

٣– أدى الملش إلى زيادة امتصاص العناصر، وكان أعلى تركيز للفوسفور والبوتاسيوم والمغنيسيوم والحديد والمنجنيز والنحاس فى حالة المعاملة بالملش البلاستيكى الفضى (Dukare وآخرون ٢٠٢١).

كذلك دُرس تأثير ألوان مختلفة من الأغطية البلاستيكية للتربة (بنى وأخضر وأسود وفضى/أسود وأبيض/أسود وأصفر/بنى)، وكذلك استعمال ملش من قش الأرز، وبدون ملش مع استعمال مبيدات حشائش، وبدون ملش مع عزيق الحشائش، وبدون ملش مع عدم مكافحة الحشائش — دُرس تأثير تلك المعاملات على نمو وتطور ومحصول الطماطم (صنف Cordillera) وجودة الثمار. ولقد أثَّرت الأغطية البلاستيكية على حرارة التربة فى عروتين للزراعة (ربيعية/صيفية، وخريفية/شتوية) مع ارتفاع أكبر للحرارة عندما استعملت الأغطية البلاستيكية الداكنة اللون. وقد تحسَّن نمو نباتات الطماطم بعد ٤٠ يومًا من الشتل باستعمال البلاستيك الأصفر والفضى فى العروة الخريفية/الشتوية، بينما حسَّن استعمال البلاستيك الأخضر والفضى من المحصول (بنسبة ٣٣٪) وعدد الثمار الكلى (بنسبة ٣٤٪). ولم يكن لأى من أغطية التربة تأثيرًا على جودة الثمار (Mendonca وآخرون ٢٠٢١).

وأدى استعمال الملش البلاستيكى القابل للتحلل مع السماد العضوى الحيوانى فى زراعات الطماطم العضوية إلى زيادة المحصول (١٨٪)، وكان ذلك مصاحبًا بزيادات فى سنتى الدراسة (على التوالى) فى كلٍّ من رطوبة التربة (١,٣٪، و١,١٪)، ومتوسط حرارة التربة (١,٣، و٠,٨ °م)، والنيتروجين المتمعدن المتراكم (٢٧٪، و ٢٦٪)، وكفاءة استخدام النيتروجين (١٠٤٪، و٧٧٪)، ومعدل استرداد recovery النيتروجين (٦٠٪، ٤٨٪) (Han وآخرون ٢٠٢١).

ولقد دُرس تأثير استخدام أغطية ورقية — قابلة للتحلل — للتربة من ألوان مختلفة (أحمر داكن وأزرق وأصفر) مقارنة بالغطاء البلاستيكى، وعدم التغطية (كنترول) على نمو ومحصول وجودة الطماطم فى عروة صيفية. كان الغطاء البلاستيكى هو الأقوى تأثيرًا فى رفع

حرارة التربة. وقد ازدادت رطوبة التربة بنسب تراوحت بين ٨٪، و١١٪ باستعمال مختلف الأغطية الورقية، مقارنة بمعاملة الكنترول. وأدى استعمال الأغطية الورقية الحمراء والزرقاء إلى تحفيز النمو الجذرى، ومن ثم زيادة محصول الثمار الكلى بنسبة ٣٦,٦٪، و٤١,٦٪ على التوالى، مقارنة بمعاملة غطاء البلاستيك. كذلك أدى استعمال الأغطية الورقية الحمراء والزرقاء إلى تحسين صفات جودة الثمار (فيتامين ج، والسكر الذائب، ونسبة السكريات إلى الأحماض)، مقارنة بالمعاملات الأخرى (You وآخرون ٢٠٢١).

الرى والمقننات المائية

تأثير خفض المقننات المائية

ازدادت الكتلة البيولوجية للنمو الخضرى للطماطم، ودليل المساحة الورقية، وارتفاع النبات، ومحصول الثمار بزيادة معدل الرى بالتنقيط من ٥٠٪ من النتح التبخرى (ET) إلى ٧٥٪، ثم إلى ١٠٠٪. هذا.. وكانت المواد الصلبة الذائبة بالثمار ومحتواها من فيتامين ج والسكر الذائب أقل فى معاملة معدل رى ١٠٠٪ من الـ ET. كذلك كان أعلى استهلاك للمياه. وأقل كفاءة استخدام مياه للمحصول الكلى والمحصول الصالح للتسويق فى معاملة ١٠٠٪ من الـ ET. وكان أقل استهلاك للمياه خلال مرحلتى الإزهار وعقد الثمار. ولذا.. يوصى بالرى بمعدل ٧٥٪ من الـ ET للحصول على نمو جيد وزيادة المحصول الصالح للتسويق، مع كفاءة استخدام المياه (Wu وآخرون ٢٠٢١).

وتُشير أبحاث عديدة على إنه يمكن الاستفادة من خفض ماء الرى deficit irrigation فى مراحل معينة من النمو المحصولى فى توفير مياه الرى، مع بعض التحسن فى صفات الثمار (Khapte وآخرون ٢٠١٩).

ولقد دُرس تأثير خفض معدل رى الطماطم (خفض معتدل moderate، وخفض خفيف mild) بعد مرحلة عقد الثمار على التوفير فى ماء الرى والمحصول وصفات الجودة. ولقد وُجِد أن الخفض المعتدل (إلى ٧٥٪ ET) وفَّر فى ماء الرى بنسبة ٢٦,١٪، إلاّ إن المحصول انخفض بنسبة ١٠,٧٪، وكانت الأصناف العالية المحصول بطبيعتها الأكثر حساسية لتأثير

الخفض المعتدل فى ماء الرى على المحصول. وفى المقابل، فإن الخفض الخفيف فى ماء الرى (إلى ٥٠٪ ET) وفر فى كمية الماء المستعملة بنسبة ١٣٪ دون التأثير على المحصول. ولقد أدى الخفض المعتدل إلى زيادة محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة، لكن تلك الزيادة لم يكن مردها إلى زيادة تراكم السكريات والأحماض، ولم يكن للرى تأثير جوهرى على مستوى الفراكتوز والجلوكوز وحامض الستريك وحامض الجلوتامك، لكن التوفير فى ماء الرى خفّض من محتوى حامض الماليك (Valcárcel وآخرون ٢٠٢٠).

وأحدث الرى بالتنقيط – مقارنة بالرى السطحى – تحسُّنًا فى صفات جودة ثمار الطماطم تمثل فى تحسين الصلابة، و b^*، والليكوبين، والبيتاكاروتين، والفينولات الكلية. ولقد أدى خفض مستوى الرطوبة فى التربة إلى إحداث زيادة فى الإجهاد البيئى تمثل فى خفض محتوى التربة الرطوبى، ورفع لحرارة الهواء والفرق بين حرارة النهار والليل، وكان ذلك الإجهاد مسئولاً عن التحسن الذى حدث فى صفات جودة الثمار (Li وآخرون ٢٠٢١).

معاملات خفض المقننات المائية

البيوشار

حسَّنت إضافة البيوشار بمعدل ٢٥، و٥٠ طن للهكتار (١٠,٥، و ٢١ طن للفدان) احتفاظ التربة بالماء حينما خُفِّض معدل الرى إلى ٥٠٪، و٧٥٪ من النتح التبخرى evapotranspiration؛ ومن ثم تحسَّن النمو فى تلك الظروف. وقد ساعدت المعاملة بالبيوشار بمعدل ١١ طن للفدان فى خفض استخدام المياه بنسبة ٥٠٪ دون التأثير على المحصول. كذلك أحدثت المعاملة بالبيوشار زيادة جوهرية فى نسبة المادة العضوية والنيتروجين الكلى بالتربة، بينما أدى خفض معدل الرى إلى تحسين جودة الثمار وكفاءة استخدام المياه (Agbna وآخرون ٢٠١٧).

ولقد تبين لدى مراجعة ١٣٤ دراسة عُومِلت فيها الخضر برى يقل عن حاجة النتح والتبخر حدوث انخفاض جوهرى فى المحصول فى ٥٢٪ من الحالات، بينما لم يكن الشد الرطوبى المعتدل مؤثرًا فى ٤٤٪ من الحالات. وقد وُجد أن إضافة البيوشار (وهو مُنتج غنى بالكربون ينتج عن التحلل الحرارى pyrolysis للمادة العضوية) تحت

ظروف الشد الرطوبى يعوض النقص الحادث فى محصول الخضر، ويُحسِّن من كفاءة استخدام الماء (Singh وآخرون ٢٠١٩).

التطعيم

دُرِس تأثير تطعيم صنف الطماطم Cherokee Purple (وهو من الأصناف المتوارثة heirloom) على أصلين، هما: الهجين النوعى Beaufort، و Shield، مع خفضٍ لمعدل الرى بمنع الرى لمدة أسبوع ظهر خلاله ذبول واضح على النباتات فى منتصف النهار. ولقد أحدث التطعيم على Beaufort زيادة فى المحتوى المائى النسبى للنباتات، وفى المساحة الورقية، وتوصيل الثغور، وصافى تمثيل ثانى أكسيد الكربون وإلى تحسين صفات جودة الثمار. كذلك تبين زيادة الطول الكلى للجذور فى هذا الأصل، حيث وصل إلى ١١٨,٦ م مقارنة بطول ٩٤,٩ م فى الأصل Shield. وقد ازداد فى جذور الأصل Beaufort نسبة الجذور الدقيقة جدًّا إلى ٧٦,٤٪، مقارنة بنسبة ٧٣,٦٧٪ فى Shield، و٧٣,٦٧٪ فى معاملة الكنترول المطعومة على أصل من نفس صنف الطعم (Suchoff وآخرون ٢٠١٨).

مضادات النتح

أُجريت دراسة تحت ظروف الحقل عُومِلت فيها نباتات الطماطم عند بداية عقد الثمار بثلاثة أنواع من مضادات النتح، هى: الكاولين kaolin كعاكس للضوء بتركيز ٣٪، و٥٪، ومستحلب زيت بذور الـ linus بتركيز ١٪، و٢٪ لتكوين غشاء مُضاد للنتح، وحامض الفلفيك fulvic acid بتركيز ٠,١٥٪، و٠,٢٪ كمضاد أيضى للنتح. أظهرت النتائج أن المعاملة بمضادات النتح أحدثت زيادة فى محتوى الماء النسبى وخاصة عندما استُعمل حامض الفلفيك. هذا.. إلاّ إن تمثيل ثانى أكسيد الكربون انخفض، وكان أقل انخفاض عندما استُعمل حامض الفلفيك. أدت المعاملة بالكاولين إلى خفض حرارة النمو الخضرى، لكن لم يكن لحامض الفلفيك أو لمستحلب الزيت تأثيرًا

فى هذا الشأن. وقد خفَّضت المعاملة بمضادات النتح الاحتياجات المائية من ماء الرى جوهريًّا بنسب تراوحت بين ٢١٪، و ٢٨٪ مقارنة باحتياجات نباتات الكنترول المائية. وكانت أفضل المعاملات هى التى استُخدم فيها حامض الفلفيك؛ حيث أدت إلى خفض الاحتياجات المائية بنسبة ٢٨٪، وتسببت فى أقل خفض فى صافى البناء الضوئى (١١,١٣٪) وفى المحصول (٢,٣٪)، بينما زادت معها كفاءة استخدام المياه water use efficiency بنسبة ٣٣,٤٥٪، مقارنة بنباتات الكنترول (AbdAllah وآخرون ٢٠١٨).

ولقد أدى خفض معدل رى الطماطم والفلفل إلى رفع حرارة النمو الخضرى، وأدى الرش بالكاولين kaolin بتركيز ٥٪ إلى معادلة تأثير خفض الرى، وإن كان للرش بالكاولين تأثيرًا مزدوجًا (Cosic وآخرون ٢٠١٨).

إن الرش بمعلق طين الكاولين kaolin يُعد إستراتيجية واعدة للتغلب على حالات الشدِّ البيئى؛ فهو يؤثر على درجة حرارة النباتات، وانعكاس الإشعاع، وتركيب الأوراق، والحالة المائية للنبات، والقدرة على البناء الضوئى، والاستجابات الكيميائية الحيوية، والمحتوى المعدنى، والنمو، والمحصول، والجودة وللتفاصيل المتعلقة بهذا الأمر.. يُراجع Brito وآخرين (٢٠١٩).

المعاملات السمادية

للمعاملات السمادية تأثير إيجابى على تحمل شدِّ الجفاف، ومن ذلك الرش بالبوتاسيوم. وحول تأثير ذلك على تحمل شدِّ الجفاف.. يُراجع Ahmad وآخرين (٢٠١٨).

وأدى تسميد الطماطم بالبوتاسيوم (١٥٠ كجم k/هكتار، أو نحو ٦٣ كجم k/فدان) فى ظروف الرى المحدود إلى زيادة المحصول، والنمو، وجودة الثمار، ومحتواها من العناصر. كذلك أثر التسميد بالبوتاسيوم جوهريًّا على تنوع بكتيريا التربة؛ حيث زاد جوهريًّا من أعداد البكتيريا *Gemmatimonadetes*، وقلل مستوى الـ *Planctomyces*، كذلك حدثت زيادات كبيرة فى مستويات الجنس *Opitutus*، ولكن مع انخفاض فى كلٍّ من

Sphingomonas، و *Bdellovibrio* عند التسميد بالبوتاسيوم، مقارنة بعدم التسميد (Gao وآخرون ٢٠٢٠).

وأدى التسميد الآزوتى للطماطم إلى التخفيف من النقص فى النتح الذى صاحب الرى القليل غير الكافى، كما حسَّن من تحفيز الرى القليل لكفاءة استخدام المياه. وفى مراحل النمو الثمرى المتأخرة يمكن أن يؤدى المعدل العالى للتسميد الآزوتى إلى تحسين كلٍّ من النتح وكفاءة استخدام المياه مع الرى الكافى. وفى مرحلة النمو الثمرى المبكرة أدى التسميد الآزوتى إلى زيادة الخفض فى كفاءة استخدام المياه عند عدم وفرة مياه الرى، بينما وُجد فى مراحل النمو الثمرى المتوسطة والمتأخرة أن التسميد الآزوتى أدى إلى تحفيز تأثير العجز المائى على كفاءة استخدام المياه. وعمومًا يجب فى مراحل النمو المبكرة ألاّ يحدث عجز فى مياه الرى أو زيادة فى التسميد الآزوتى، وفى المراحل التالية يمكن زيادة التسميد الآزوتى مع زيادة محتوى التربة المائى بالرى الكافى (Zhou وآخرون ٢٠٢٠).

ولقد استُخدم تركيبان من الكلوروفيللين النحاسى copper chlorophyllin من أصل نباتى — مع زيت بارافينى — فى معاملة نباتات الطماطم رشًّا أو رشًّا مع الإضافة للتربة، وذلك تحت ظروف شدِّ الجفاف، وتبين أن المعاملة حسَّنت من معدل البناء الضوئى، خاصة فى معاملة الرش الورقى. كذلك حسَّنت المعاملة من نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة بالأوراق: الكاتاليز والأسكوربيت بيروكسيديز، ومحتوى الجلوتاثيون، وكذلك زيادة المواد الصلبة الذائبة ومحتوى البرولين بالأوراق؛ بما يعنى زيادة التعديلات الأسموزية (Zhang وآخرون ٢٠١٩).

العناصر غير الأساسية

أدت إضافة السيلينيم للتربة إلى زيادة تركيزه جوهريًّا فيها. وأحدث خفض ماء الرى للطماطم من ١٠٠٪ إلى ٦٠٪ من السعة الحقلية للتربة زيادة ملحوظة فى التسرب الأيونى ومعلمات الشد التأكسدى البيولوجية (الـ malondialdehyde وفوق أكسيد الأيدروجين، والسوبر أوكسيد)، وهى التى تواكبت مع زيادة فى محتوى نشاط الحاميات الإنزيمية

ومكوناتها (الإنزيمية وغير الإنزيمية) للنشاط الدفاعى المضاد للأكسدة. وبالمقارنة .. حدث انخفاض فى كلٍّ من صفات النمو، والمحتوى المائى النسبى، ودليل ثبات الأغشية الخلوية، وكفاءة البناء الضوئى، ومحتوى السيلينيم بالنبات والثمار، ومحصول الثمار. ولقد أحدثت معاملتى السيلينيم ٢٠، و٤٠ مللى مول Se زيادة جوهرية فى محتوى ونشاط الحاميات الأسموزية ومكونات النظام الدفاعى المضاد للأكسدة؛ الأمر الذى انعكس فى خفض للتسرب الأيونى ومعلمات الشد التأكسدى البيولوجية، وزيادة فى صفات النمو، والمحتوى المائى النسبى، وكفاءة البناء الضوئى، ومحتوى السيلينيم، والمحصول، وصفات جودة الثمار. ولقد كانت المعاملة الأرضية بالسيلينيم أفضل من المعاملة بالرش الورقى. وكانت المعاملة المفضلة هى الرى عند ٦٠٪ من السعة الحقلية، ومعاملة التربة بالسيلينيم بتركيز ٤٠ مللى مول (Rady وآخرون ٢٠٢٠).

كذلك أمكن الحد من إعاقة وتأخر النمو الناشئ عن شدِّ الجفاف فى الطماطم بالمعاملة بالسيلينيم. ولقد أحدثت معاملة السيلينيم زيادة جوهرية فى معدل صافى البناء الضوئى، ومعدل النتح، وتوصيل الثغور، وكفاءة استخدام الماء عما كان عليه الحال فى غياب السيلينيم تحت ظروف شدِّ الجفاف. كذلك ثبَّطت معاملة السيلينيم الزيادة فى تراكم الـ malondialdehyde والسكريات الذائبة والبرولين بالأوراق، وأنتجت تراكمًا أقل للعناصر المحبة للأكسدة تحت ظروف شدِّ الجفاف. وإضافة إلى ما تقدم بيانه فإن إضافة السيلينيم للمحلول المغذى زادت جوهريًّا من حامض السلسيلك (SA) الداخلى بالجذور، وحفَّزت التحول من SA إلى methylated SA بالأوراق تحت ظروف شد الجفاف بتنظيم تعبير عدة جينات ذات صلة. هذا.. وأدت المعاملة بمثبط حامض السلسيلك 1-aminobenzotriazole إلى إلغاء التأثيرات المفيدة للسيلينيم على تحمل شد الجفاف (Fan وآخرون ٢٠٢٢).

حامض الأبسيسك وغاز الأيدروجين

وُجد أن معاملة بادرات الطماطم بأىٍّ من حامض الأبسيسك بتركيز ١٥٠ ميكرومول أو بغاز الأيدروجين أدت إلى زيادة تحملها لشدِّ الجفاف؛ بزيادة كفاءة البناء الضوئى فيها، ونشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة، وتعبير الجينات ذات العلاقة تحت ظروف شدِّ

الجفاف. ولقد أدت المعاملة بمثبط حامض الأبسيسك fluridone إلى الحد جوهريًّا من التأثيرات الإيجابية للمعاملة بالأيدروجين على كلٍ من طول النبات وقطر الساق ونشاط الجذور تحت ظروف شدِّ الجفاف؛ بما يفيد بأن حامض الأبسيسك ربما يلعب دورًا حاسمًا فى تأثير المعاملة بالأيدروجين على تحمل بادرات الطماطم لشدِّ الجفاف (Yan وآخرون ٢٠٢٢).

الاستربتوميسس

أدت المعاملة بسلالتين من الأستربتوميسس *Streptomyces* (هما: IT25 القادرة على إنتاج ACCD، و C-2012 المتحملة لـ ١٣٪ كلوريد صوديوم) فى الظروف الطبيعية إلى زيادة المحصول بمقدار ٣٥٪، و٣٢٪، على التوالى. وبينما أنقصت معاملة شدِّ الجفاف وزن الثمار بمقدار ٦٠٪، فإن ذلك التأثير السلبى أمكن التغلب عليه جوهريًّا بالمعاملة بالاستربتوميسس. وتحت ظروف شدِّ الجفاف زادت المعاملة بأى من عزلتى الاستربتوميسس من المحتوى المائى النسبى RWC للأوراق، ومحتوى الأوراق من البرولين والـ MDA والـ H_2O_2 والسكريات الكلية ونشاط APX، وإلى انخفاض نشاط الـ CAT، والـ GPX (Abbasi وآخرون ٢٠٢٠).

الترايكودرما

أدى تعريض نباتات الطماطم لشدٍّ جفافى إلى خفض المحتوى المائى النسبى بنسبة ٢٥٪ سواء أكانت النباتات قد لُقِّحت بفطر الترايكودرما *Trichoderma brevicompactum*، أم لم تُلقح، وأدى التلقيح بالترايكودرما إلى زيادة المحتوى المائى النسبى بنسبة ١٧٪، سواء أكانت النباتات قد عُرِّضت لشدٍّ جفافى، أم لم تُعرَّض. وتحت ظروف الشدِّ الجفافى كانت النباتات التى لُقِّحت بالترايكودرما فى وضع أفضل تمثل فى خفض توصيل الثغور وغلق الثغور، مع زيادة أقل فى محتوى الجذور من حامض الأبسيسك، مقارنة بما حدث فى النباتات التى عُرِّضت لشدِّ الجفاف ولم تُلقَّح بالترايكودرما. وربما كان ذلك بمثابة تكيف لظروف الجفاف أى إلى الحدِّ من التأثير السلبى لشدِّ الجفاف على النمو النباتى (Racic وآخرون ٢٠١٨).

إن فطر الترايكودرما الداخلى التطفل *Piriformospora indica* ينتمى لرتبة Sebacinales، وهو يمكن أن يستعمر — داخليًّا — جذور مدى واسع من النباتات؛ حيث يتعايش معها تعاونيًّا ويُحسِّن من نموها. وفى الطماطم.. وُجد أن الشدِّ الرطوبى يؤدى إلى خفض الوزنين الرطب والجاف للنمو الخضرى، والمحتوى النسبى، ومستوى البرولين. وكان الصنف المتحمل للجفاف Caspian أعلى فى وزن النمو الخضرى والمحتوى المائى النسبى والبرولين مقارنة بالصنف الحساس Superluna. وأدى استعمار الفطر *P. indica* للجذور إلى زيادة تلك القياسات فى كلا الصنفين تحت ظروف كلٍّ من الرى الطبيعى وظروف شدِّ الجفاف، وجعل النباتات أكثر تحملاً للجفاف. وكان مرد ذلك إلى إن الفطر عدَّل التعبير الجينى فى النبات العائل لخفض التأثير السلبى الذى يُحدثه شدِّ الجفاف (Azizi وآخرون ٢٠٢١).

الاستربيولورين

أدت معاملة نباتات الطماطم بالمبيد الفطرى استربيولورين strobilurin فى بداية مرحلة الإزهار إلى إحداث خفض جوهرى فى إنتاج الإثيلين بالأزهار، خاصة عندما تعرضت النباتات لشدٍّ رطوبى معتدل تمثل فى إجراء الرى بما مقداره ٧٥٪ — فقط — من الماء المفقود بالنتح والتبخر. ولقد أفادت المعاملة فى الحد من الانخفاض فى محصول الثمار الصالحة للتسويق فى ظروف شدِّ الرطوبة المعتدل، وربما حدث ذلك بسبب خفض معاملة الاستربيولورين لإنتاج الإثيلين بالثمار، ومن ثم منعها لسقوط الأزهار الذى يحدثه الشدِّ الرطوبى (Giuliani وآخرون ٢٠١٩).

الأسمدة والتسميد

التغير فى مستوى العناصر مع النمو وفى مختلف أجزاء النبات

أظهرت عناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم اتجاهًا نحو الانخفاض فى التركيز فى الطماطم مع التقدم فى العمر، مع اتجاه لزيادة تركيز الكالسيوم والكبريت، وثبات فى تركيز المغنيسيوم. وقد احتوت الأوراق على أعلى تركيز من النيتروجين

والفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم. وتراوح تركيز البوتاسيوم فى كل من الأوراق والسيقان بين ٢٠، و ٣٠ جم/كجم وزن جاف، وكان النيتروجين هو العنصر الأكثر تواجدًا، والفوسفور العنصر الأقل تواجدًا من بين تلك العناصر الكبرى (Juarez-Maldonado وآخرون ٢٠١٧).

تأثير التطعيم على النمو وامتصاص العناصر

دُرس تأثير تطعيم صنف الطماطم المحدود النمو Florida 47 على الهجن النوعية قوية النمو Multifort، و Beaufort مع استخدام معدلات تسميد آزوت متزايدة تراوحت بين ٥٦، و ٣٣٦ كجم/هكتار (٢٣,٥ إلى ١٤١ كجمN/فدان) فى تربة رملية. وقد أدت زيادة معدل التسميد الآزوتى إلى زيادة الكتلة البيولوجية فوق سطح التربة شاملة الأوراق والسيقان والثمار، وكذلك امتصاص النيتروجين. ولقد زادت — فى المتوسط — قياسات تراكم النيتروجين، وكفاءة استخدام النيتروجين، وكفاءة امتصاص النيتروجين فى النباتات المطعومة — مقارنة بغير المطعومة — بنسبة حوالى ٢٩٪، و٣١٪، و٣٣٪، على التوالى. كذلك حدثت زيادات أوضح (٦٩٪) فى كثافة طول الجذور فى الخمسة عشر سنتيمترًا السطحية من التربة فى النباتات المطعومة (Djidonou وآخرون ٢٠١٩).

التسميد الورقى

تستفيد نباتات الطماطم من المعاملة بالأسمدة الورقية التى تحتوى على صمغ مصنوع من العظام bone glue-based foliar fertilizer.

أدت تلك المعاملة إلى تحسين الإنتاج كمًا ونوعًا، مع امتصاص جيد للعناصر (النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم)، وانخفاض فى محتوى الثمار من النيتريت (Opricã وآخرون ٢٠١٧).

الاحتياجات السمادية

العناصر الكبرى

دُرس تأثير خفض معدل التسميد الآزوتى من المعدل المثالى (١٤ مللى مول) إلى ٧ أو ٣ مللى مول بداية من توقيتات مختلفة. فعندما حدث التخفيض بداية من الشتل كان

التأثير على المحصول فقط، وذلك عندما كان التخفيض حتى ٣ مللى مول. أما عندما كانت بداية التخفيض من وقت تفتح الأزهار، فإنه لم يؤثر على المحصول أو على معظم الكاروتينويدات التى دُرست، باستثناء الليكوبين والفيتوين phytoene. كذلك أدى خفض معدل التسميد الآزوتى بداية من الشتل أو من تفتح الأزهار إلى زيادة محتوى الثمار من فيتامين ج والمجموعات الفينولية الرئيسية. ويعنى ذلك إمكان خفض معدل التسميد الآزوتى دون التأثير سلبًا على المحصول أو حتى صفات جودة الثمار (Hernández وآخرون ٢٠٢٠).

ولقد وُجد فى أوض رملية مع الرى بالتنقيط والتسميد مع ماء الرى أن معدل التسميد الآزوتى الموصى به للطماطم — وهو ٢٢٤ كجم N/هكتار (أو نحو ٩٤ كجم N/فدان) — أكثر مما يلزم؛ حيث لم تظهر أى استجابات إيجابية لزيادة معدل التسميد عن ذلك على المادة الجافة بالنبات أو محصول الثمار. ولقد تبين أن النبات حصل على ٦٢٪ من حاجته من النيتروجين من السماد المضاف، وعلى نحو ٣٨٪ من التربة. ويعنى ذلك أن خفض معدل التسميد الآزوتى بنحو ٣٨٪ قد يُحسِّن من كفاءة استخدام السماد (Jalpa وآخرون ٢٠٢١).

وبتحليل محصول الطماطم وكفاءة استخدام المياه وصفات جودة الثمار تضمنت ١٠٩٦ من أزواج النتائج فى ٧٦ دراسة أُجريت فى ثمانى دول، استُنتج أن معدل التسميد المثالى للنيتروجين تراوح بين ٢٣٦، و٣٥٤ كجم للهكتار (حوالى ١٠٠ إلى ١٥٠ كجم للفدان) مع إمكانية زيادة محصول الطماطم بنسبة ٥٩,٩٪، وتحسين محتوى فيتامين ج، ونسبة السكر إلى الحامض، ومحتوى السكر الذائب، ومحتوى المواد الصلبة الذائبة الكلية بنسبة ١٨,٨٪، و٣٣,٥٪، و٢٣,٥٪، و١١,٩٪ – على التوالى — ولكن مع خفض لمحتوى الليكوبين بنسبة ١٠,٨٪، وزيادة محتوى النترات بنسبة ٦٠,٤٪، وذلك مقارنة بعدم التسميد بالنيتروجين هذا. ولم يكن هناك تأثير لـ pH التربة على محتوى المواد الصلبة الذائبة الكلية ومحتوى السكر الذائب فى حالة التسميد الآزوتى المثالى، بينما تحسن محصول الثمار ومحتوى فيتامين ج ونسبة السكر إلى الحامض والنترات فى pH أقل من ٧,٠، بينما أظهرت الأحماض العضوية نتائج عكسية (Cheng وآخرون ٢٠٢١).

وكان تسميد الطماطم بالفوسفور بمعدل ٧٥ كجم/هكتار (٣١,٥ كجم/فدان) فى أرضٍ جيرية تحتوى على ١٣–١٥ مجم/كجم من الفوسفور المستخلص بالـ AB-DTPA (وهو الـ ammonium bicarbonate-diethylenetriaminoacetic acid) – مع الرى بالتنقيط – كان كافيًا لإنتاج محصول من الطماطم فى الموسم الشتوى فى ولاية فلوريدا الأمريكية (Zhu وآخرون ٢٠١٧).

ويُعد الفوسفور من العناصر غير المتحركة فى التربة، ويعتمد النبات على نمو جذوره باستمرار للوصول إلى مناطق التربة التى لم يُستنزَف الفوسفور منها بالامتصاص. هذا.. إلاّ إن فطريات الميكوريزا arbuscular mycorrhizas التى تستعمر نسيج القشرة بجذور النباتات تمتد هيفاتها فى التربة لتكون شبكة تتخصص فى امتصاص العناصر ضعيفة الحركة، وخاصة الفوسفور. ولمزيد من التفاصيل حول هذا الموضوع .. يُراجع Ferrol وآخرين (٢٠١٩).

كما أُوصى بتسميد الطماطم بما مقداره ١٧٨ كجم من البوتاسيوم للهكتار (٧٥ كجم/فدان، أو حوالى ١٥٠ كجم سلفات بوتاسيوم للفدان) فى العروة الشتوية فى أرض جيرية بلغ محتواها من البوتاسيوم المستخلص بطريقة AB-DTPA (أى طريقة ammonium bicarbonate-diethylenetriaminepentaacetic acid) ٨٢–٨٧ مجم/كجم من التربة (Zhu وآخرون ٢٠١٧).

ومع زيادة مستوى التسميد البوتاسى يزداد محتوى الثمار من عناصر البوتاسيوم والمغنيسيوم والحديد، بينما ينخفض محتواها من عناصر الكالسيوم والصوديوم والزنك. ويزداد كذلك كلاً من كفاءة استخدام المياه، والمحصول الصالح للتسويق ومحتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية بزيادة مستوى التسميد بالبوتاسيوم حتى المستوى الأمثل، كما يتحسن اللون وتزداد المادة الجافة بزيادة التسميد بالبوتاسيوم حتى أقل مستوى مثالى. ولقد أدى التسميد بالمستوى المثالى من البوتاسيوم (وهو ٣,٦٦ – ٤,٠ جم/نبات) إلى تحسين كفاءة استعمال المياه والمحصول الصالح للتسويق، وصفات جودة الثمار مثل

اللون ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية والحموضة المعايرة والمادة الجافة، بينما أدت الزيادة الكبيرة فى التسميد البوتاسى إلى زيادة محتواها من البوتاسيوم دون التأثير على الصفات الأخرى التى دُرست (Daoud وآخرون ٢٠٢٠).

وأحدث تسميد الطماطم بفرتز زجاجى glass frit (عبارة عن ٢٩٪ SiO_2، و ٥٪ CaO، و ٧٪ AlO_3، و ٣٠٪ P_2O_5، و ٢٥٪ K_2O).. أحدث زيادة كبيرة فى محصول الثمار؛ حيث أعطت ٧٤,٤ طن من نصف هكتار، مقارنة بـ ٦٠ طن من نصف هكتار فى معاملة الكنترول التى سُمِّدت بسماد NPK عادى، ولم يكن هناك فروق ظاهرية فى صفات الثمار أو النمو الخضرى للنباتات بين المعاملتين (Tamayo وآخرون ٢٠١٨).

ويُعد معدن البولى هاليت polyhalite الذى يتواجد طبيعيًّا سماد طبيعى يحتوى على عناصر البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والكبريت، وقد وجد أنه يفيد فى تحسين محصول الطماطم الكلى والصالح للتسويق فى البرازيل (Mello وآخرون ٢٠٢٠).

وقد أُجريت دراسة حول تأثير مستويات مختلفة من التسميد بالكالسيوم (صفر، و١٠، و٥٠٠ جزء فى المليون فى صورة $CaCl_2$) على الإصابة بتعفن الطرف الزهرى فى ثمار الطماطم، وكذلك دراسة تأثير تلك المعاملات على نسيج البيريكارب فى أقراص ثمار الطماطم غير المكتملة التكوين. ولقد وُجد أن الإصابة بتعفن الطرف الزهرى وشدته كانت الأعلى فى معاملة الصفر فى المليون، وزادت شدة الإصابة جوهريًّا فى معاملة الـ ٥٠٠ جزء فى المليون مقارنة بمعاملة الـ ١٠ أجزاء فى المليون. هذا بينما لم توجد أى فروق معنوية بين مختلف المعاملات فى محتوى الثمار من الكالسيوم. وتبين أن مياه صرف معاملة الـ ٥٠٠ جزء فى المليون كانت أعلى فى درجة توصيلها الكهربائى بمقدار ١٠ أضعاف معاملتى الصفر والـ ١٠ أجزاء فى المليون. ولقد انخفض استهلاك النبات اليومى من الماء فى معاملة الـ ٥٠٠ جزء فى المليون. ويعنى ذلك أن التسميد المعتدل بالكالسيوم (١٠ أجزاء فى المليون) خفَّض بفاعلية الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، لكن الزيادة الكبيرة فى التسميد بالكالسيوم تسببت فى إحداث زيادة كبيرة فى الإصابة

بتعفن الطرف الزهرى. أما معاملة شرائح الثمار غير المكتملة التكوين بالكالسيوم فإنها ثبطت ظهور أعراض تعفن الطرف الزهرى، إلاّ إن الإضافة الزائدة من الكالسيوم (٥٠٠ جزء فى المليون) فإنها لم تستحث ظهور الأعراض. هذا.. وعندما كانت الثمار بنفس العمر، فإن الثمار المبكرة والثمار الأكبر حجمًا ازدادت فيها الإصابة بتعفن الطرف الزهرى (Reitz وآخرون ٢٠٢١).

وأدى الجمع بين الأسمدة العضوية والذائبة مع الأسمدة الكيميائية فى مياه الرى بالتنقيط للطماطم إلى زيادة المحصول، والمادة الجافة للنباتات، وزيادة امتصاص العناصر، وكفاءة الاستفادة من النيتروجين، ومحتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة وفيتامين ج والليكوبين (Wu وآخرون ٢٠٢٠).

وقد استُخدمت مياه صرف effluent تربية أسماك البلطى النيلى (*Oreochromis niloticus*) — كماء رى غنى بالعناصر — فى رى وتسميد الطماطم. ولقد تساوى محصول الطماطم المُنتج بتلك الطريقة فى الرى والتسميد مع المحصول المنتج تقليديًّا بالتسميد بالفرتجة، لكن المحصول كان أفضل عما فى حالة التسميد العادى بالأسمدة الصلبة. ولقد تساوت معاملة الرى والتسميد بمياه صرف تربية الأسماك مع معاملة التسميد التقليدى فى كلِّ قراءات الإخضرار SPAD، ومحتوى جميع العناصر باستثناء الكبريت والنحاس اللذان كان مستواهما أقل جوهريًّا (Pattillo وآخرون ٢٠٢٠).

العناصر الدقيقة

وُجد فى الطماطم أن زيادة النحاس — على صورة كبريتات النحاس — فى المحلول المغذى حتى ٥٠ ميكرومول Cu^{2+} أدت إلى تقصير نمو الجذر الأولى، وزيادة كثافة التفرعات الجذرية، مع حدوث زيادة جوهرية فى نشاط البيروكسيديز والكتاليز (Zhang وآخرون ٢٠١٧).

ولم تؤدِ زيادة التسميد بالحديد المخلوب Fe-HBED فى المحلول المغذى للطماطم عن المستوى المثالى إلى زيادة محتوى الثمار من الحديد، وعلى العكس أدى ذلك إلى

إحداث تدهور فى محتوى الثمار (البيريكارب) من العناصر الدقيقة. وبينما أدت زيادة التسميد بالحديد إلى تحفيز تمثيل البيتاكاروتين والزانثوفيللات، فإنها لم تتعارض بقوة مع أيض الأحماض الأمينية، ولم تؤثر جوهريًّا على محتوى الثمار من الأحماض الأمينية الحرة، والليكوبين، والفينولات الذائبة والفلافونويدات (Wala وآخرون ٢٠٢٢).

ولقد وُجد أن التسميد بالحديد النانو Nano-Fe (فى صورة Nano F_2O_3) أكثر كفاءة عن أسمدة الحديد العادى conv-Fe والحديد المخلوب Che-Fe فى تحسين خصائص النمو والعمليات الإيضية. وقد أدى التسميد بالحديد النانو إلى زيادة محصول الطماطم بمقدار ١١٪ مقارنة بالتسميد بالحديد العادى والحديد المخلوب. ولقد ترتب على التسميد بالحديد النانو Nano F_2O_3 بمعدل ١٠٠ مجم/كجم إلى زيادة ارتفاع النبات وعدد الأوراق ومساحتها والوزنين الطازج والجاف للنمو الخضرى والجذرى، ودلائل تبادل الغازات (البناء الضوئى وتوصيل الثغور ومعدل التنفس)، والمحصول الكلى ومكونات المحصول، وذلك مقارنة بالمعدلات الأخرى من السماد. وأعطت هذه الجرعة أكبر قطر للثمار وعدد للثمار/نبات ووزن للثمار/نبات، ومتوسط لوزن الثمرة، وأعلى محصول عددًا ووزنًا للثمار من الهكتار، وتلاها التسميد بمعدل ٥٠ مجم من Nano F_2O_3/كجم مقارنة بمصادر الحديد الأخرى (El-Desouky وآخرون ٢٠٢١).

كذلك وجد أن المعاملة بالنحاس النانو Cu-NPs قللا جوهريًّا من الإصابة بالذبول الفيوزارى فى الطماطم بنسبة ٦٨٪ ومن شدة الإصابة بنسبة ٦٦,٥٪، كما أدت المعاملة إلى تحسين نمو النباتات وزادت — خاصة — من المحتوى الكلوروفيللى (من ١٩,٣٪ إلى ٢٨,٦٪). ويُستدل مما تقدم بيانه أن النحاس النانو يمكن استعماله كسماد عند نقص العنصر، وكمبيد فطرى كذلك (Lopez-Lima وآخرون ٢٠٢١).

العناصر غير الأساسية

دُرس رش نباتات الطماطم بعد بداية الإزهار خمس مرات بمحاليل سيليكون (monosilicic acid، وسيليكات البوتاسيوم، وخليط من سيليكات البوتاسيوم وسيليكات

الصوديوم، والنانو سيليكا) بتركيزات ٠,٢ إلى ٠,٦ جم/لتر على فترات أسبوعية. كان الرش خلال مرحلة الثمار فعَّالاً فى تحسين مستوى السيليكون بالثمار. وأعطى تركيز ٠,٤ جم سيليكون من مصدر الـ monosilicic acid أعلى زيادة فى كلٍّ من حامض الأسكوربك والحموضة المعايرة، وصلابة الثمار (dos Samtos وآخرون ٢٠٢٢).

وأدى تزويد المحاليل المغذية للطماطم بالسيلينيم بتركيز ٢,٠ ميكرومول/ لتر إلى تحسين قوة النمو النباتى ومحصول الثمار الكلى بنسبة ٦٠٪، وكذلك تحسين محصول الثمار الصالحة للتسويق، وزيادة كفاءة استعمال النيتروجين بنسبة ٦٠,٣٪. وأدت المعاملة بالسيلينيم – كذلك – إلى زيادة محتوى الثمار من كلٍّ من حامض الأسكوربك والليكوبين. وقد ازداد محتوى الثمار من السيلينيم من ٠,١ مجم/كجم من الوزن الجاف فى نباتات الكنترول غير المعاملة إلى ٨,٩ مجم/كجم وزن جاف فى النباتات التى عُومِلت بالسيلينيم بتركيز ٤,٠ ميكرومول/لتر من المحلول المغذى (Sabatino وآخرون ٢٠٢١).

وتبعًا لمقال مرجعى حول تأثير تغذية الطماطم بالسيلينيم (Xu وآخرون ٢٠٢٢)،ـ فإن للتغذية بالسيلينيم تأثير إيجابى وجوهرى على معظم خصائص جودة الثمار، دون التأثير على محتوى الثمار من النترات أو صلابة الثمار. وكانت الاستجابة للتسميد بـ $NaSeO_3$ أفضل من الاستجابة للتسميد بـ Na_2SeO_4. وقد حسَّنت التغذية الأرضية بالسيلينيم من محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية، ومن نسبة السكر إلى الحامض، ومحتوى فيتامين ج، بينما ازداد تركيز السكر الذائب والحموضة المعايرة والليكوبين بالتغذية الورقية، وكان تركيز السيلينيم من ١–٥ مجم/لتر أو أكثر قليلاً هو الأفضل، كما كانت استجابة الأصناف ذات الثمار الصغيرة أفضل من استجابة الأصناف ذات الثمار الكبيرة.

التغذية بثانى أكسيد الكربون

أدت زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون إلى خفض أعداد الخلايا فى وحدة الحيز من الجدر الثمرية اللحمية perecarp، مع زيادة جوهرية فى حيز الخلايا، الأمر

الذى أدى إلى زيادة محصول الثمار، وتركيز العناصر فيها. كذلك ازداد معدل نمو الثمرة بزيادة تركيز الغاز؛ الأمر الذى ترافق مع تحفيز لتعبير جينات الـ expansin فى نسيج البيركارب بالثمار غير المكتملة النمو. وأدت زيادة تركيز الغاز إلى زيادة تركيز الإثيلين والكاروتينويدات أثناء نضج الثمار؛ الأمر الذى أسرع اكتمال التكوين (Pimenta وآخرون ٢٠٢٢).

معاملات التغلب على عوامل الشدِّ البيئى

البرودة

أدى تلقيح الطماطم بالسلالة AK20G من الترايكودرما *Trichoderma harzianum* ثم تعريضها لشد برودة إلى تجنبيها لأضرار شدِّ البرودة وتحفيزها لمعدلى البناء الضوئى والنمو. ولقد أدت معاملة الترايكودرما إلى خفض الـ lipid peroxidation والتسرب الأيونى مع زيادة فى المحتوى الرطوبى بالأوراق وتراكم البرولين. وتجدر الإشارة إلى أن المعاملة حسَّنت من تعبير TAS14، و P5CS، كما ازداد تعبيرهما مع الوقت خلال فترة الدراسة (Ghorbanpour وآخرون ٢٠١٨).

ومن بين عدة أصناف من الطماطم اختُبرت لتحمل الصقيع، وُجد أن الصنف VT-1770 كان أكثرها تحملاً، والصنف الهجين Safir أقلها. كذلك تبين أن رش بادرات هذين الصنفين مرة واحدة بسلفات البوتاسيوم بتركيز ١٪ وفر حماية عالية من الصقيع بعد ٢٤، و٧٢ ساعة من المعاملة، بينما فقدت معاملة الرش فاعليتها بعد ١٢٠ ساعة (Donderalp & Dursun ٢٠٢٢).

كما أدى الرش الورقى لبادرات الطماطم النامية فى حرارة ١٠، أو ٢٥ أو ٣٥ ْم فى مرحلة نمو الورقة الحقيقية الرابعة بأى من المنشطات الحيوية التجارية: Boosten، و Megafol، و Isabion (بتخفيف ١: ٥٠٠) إلى تحفيز تراكم الكتلة البيولوجية بدرجات مختلفة فى كلٍّ من شدِّ البرودة (١٠ ْم) وشدِّ الحرارة العالية (٣٥ ْم)، مقارنة بالوضع فى الحرارة المعتدلة (٢٥ ْم). وقد أسهم كل من الـ Boosten، و الـ Megafol جوهريًّا فى

تحسين نمو الأنسجة النباتية الهوائية والجذرية، بينما أسهم الـ Isabion فى تحسين النمو الهوائى فقط. هذا.. وكان الـ Boosten الأكثر كفاءة فى التغلب على شدِّ الانحراف الحرارى (Niu وآخرون ٢٠٢٢).

ولقد وُجد أن الجين SlGSTU24 فى الطماطم (وهو JA-responsive S-transferase gene) يعمل على الحد من أضرار البرودة، ويستجيب لكلٍّ من المعاملة بحامض الجاسمونك وشد البرودة. ولقد أحدثت المعاملة بالمثيل جاسمونيت MeJA زيادة واضحة فى تعبير الجين، مع خفض لمحتوى الـ MDA والتسرب الأيونى فى أوراق الطماطم تحت ظروف شدِّ البرودة (Ding وآخرون ٢٠٢٢).

الحرارة العالية

حدث تحسن كبير فى تحمل محاصيل الطماطم والفلفل والخيار للحرارة العالية تحت ظروف الحقل — بالمعاملة بالميكوريزا. وتمثلت الاستجابة فى زيادة قوة النمو والإنتاجية وجودة الثمار (Reva وآخرون ٢٠٢١).

الملوحة

أسلفنا الإشارة إلى معاملات تحمل شد الملوحة تحت موضوع "ملوحة التربة ووسائل الحد من أضرارها" ضمن موضوع العوامل البيئية.

الجفاف

أسلفنا الإشارة إلى معاملات تحمل شد الجفاف تحت موضوع "معاملات خفض المقننات المائية" ضمن موضوع الرى.

غدق التربة

أحدث غدق التربة water logging خفضًا فى نمو نباتات الطماطم، وأدى إلى تحلل الكلوروفيل، وزيادة تركيز الـ malondialdehyde وفوق أكسيد الأيدروجين، مع تدهور فى الأغشية الخلوية، ومع زيادة فى نشاط إنزيمى الكاتاليز والبيروكسيديز،

وزيادة فى تركيز الصوديوم، وخفض فى تركيز البوتاسيوم بالنبات، وتركيز الكالسيوم بالجذور. وبالمقارنة.. أدت المعاملة بالجليسين بيتين glycine betaine تحت ظروف شد غدق التربة إلى تحفيز النمو وتركيز الكلوروفيل ونشاط السوبر أوكسيد ديسميوتيز والكاتاليز والبيروكسيديز؛ الأمر الذى وفر حماية للنباتات من شدِّ الغدق. كذلك أدت المعاملة بالجليسين بيتين إلى تحسين جودة الثمار بزيادتها لمحتواها من كل من البروتين والرماد والدهون والمواد الصلبة الذائبة الكلية والكالسيوم، مع خفض فى محتواها من الصوديوم (Rasheed وآخرون ٢٠١٨).

محفزات النمو البيولوجية

تُعَّرف محفزات النمو البيولوجية بأنها كائنات دقيقة أو منتجات مُتحصل عليها من مواد عضوية مختلفة، وتؤثر إيجابيًّا على النمو والكفاءة، وتحِد من التأثيرات السلبية لعوامل الشدِّ البيئى.

معاملات البذور

دُرِس تأثير معاملة بذور الطماطم بغلاف coating من بعض التحضيرات التجارية البيولوجية المحفزة للنمو، أو معاملة تربة الزراعة سقيًّا بها التربة (إما خصبة تزرع تقليديًّا بالخضر، وإما تربة ملحية وذات محتوى عالٍ من كربونات الكالسيوم ومنخفضة فى محتواها من المادة العضوية)، وكانت التحضيرات التجارية هى: Powhumus (اختصارًا: PH)، و Huminbio Microsense Seed (اختصارًا: SC)، و Huminbio Microsense Bio (اختصارًا: RE)، و Fulvagra (اختصارًا: FU). ولقد أدت المعاملة بأى من محفزات النمو إلى تحسين النمو النباتى والمحصول مقارنة بالكنترول فى نوعى تربة الزراعة، وكانت كفاءتها أعلى فى التربة الثانية (الملحية) عما فى التربة الأولى الخصبة. وأحدثت المعاملة — كذلك — خفضًا فى كل من النشاط المضاد للأكسدة، والـ H_2O_2، والـ MDA بالنبات فى نوعى التربة، كما ازداد نشاط البيروكسيديز ومحتوى السكروز بالنبات جراء المعاملة فى التربة الملحية (Turan وآخرون ٢٠٢١).

الكائنات الدقيقة

من المعلوم أن البكتيريا والفطريات المنشطة للنمو النباتى لا تؤثر على النمو فقط، وإنما تستحث — كذلك — مقاومة جهازية induced systemic resistance، كما تحفز عديد من تلك الكائنات امتصاص العناصر المغذية وتحمى النباتات من الشد البيئى. ولقد تناولت Olowe وآخرون (٢٠٢١) هذا الموضوع بالتفصيل، وخاصة فيما يتعلق بالمكافحة الحيوية للأمراض.

البكتيريا

أدى تلقيح الطماطم ببكتيريا المحيط الجذرى المنشطة للنمو النباتى إلى زيادة المحصول مع شرط توفر الرطوبة الأرضية الجيدة بالرى (Le وآخرون ٢٠١٨).

كما أدى تلقيح نباتات الطماطم بالبكتيريا المحفزة للنمو *Bacillus pumilus* إلى تحسين النمو النباتى، وامتصاص النيتروجين، وتركيز الأمونيا بالتربة وزيادة مستويات بكتيريا المحيط الجذرى، ونشاط الـ nitrogenase بالتربة، لكن فقط فى ظل التسميد الجيد بالنيتروجين، علمًا بأن *B. pumilus* عملت على تثبيت آزوت الهواء الجوى، وكان لزيادة امتصاص النيتروجين المستحث بالبكتيريا *B. plumulus* علاقة بتيار الماء المفقود بالنتح (Masood وآخرون ٢٠٢٠).

وأدت معاملة الطماطم بالسلالة MS1B15 من البكتيريا المذيبة للفوسفور *Streptomyces roseocinereus* إلى زيادة محتوى الثمار من فيتامين ج جوهريًّا، وأدت الدورة الزراعية مع الفول ومع المعاملة بتلك البكتيريا إلى إحداث تحسن فى معظم قياسات النمو والمحصول والجودة (Chouyia وآخرون ٢٠٢٢).

ولقد أمكن عزل عديد من أنواع بكتيريا المحيط الجذرى المنشطة للنمو plant growth promoting rhizobacteria، وبالانتخاب بينها أمكن التوصل إلى عدة عزلات كانت منشطة للنمو من خلال تثبيت النيتروجين، وإذابة الفوسفات، وإنتاج إندول حامض

الخليك، وإنتاج السيدوفور sidophore، وإنتاج الأغشية البيولوجية biofilm. كما أسهم بعض من تلك السلالات فى مكافحة البكتيريا *Zanthamonas axonopoids* pv. *vesicatoria* (مسببة مرض البقع البكتيرية فى الطماطم)، والبكتيريا *Pseudomanas syringae* pv. *tomato* (مسببة مرض النقط البكتيرية فى الطماطم)، والفطر *Rhizoctonia solami* (مسبب مرض سقوط البادرات فى الفلفل)، والفطر *Pythium ultimum* (مسبب مرض سقوط البادرات فى الخيار) (Liu وآخرون ٢٠١٧).

هذا.. ووُجدت تباينات كبيرة بين مختلف عزلات بكتيريا المحيط الجذرى فى قدرتها على إنتاج إندول حامض الخليك فى بيئات صناعية مزودة بتركيزات عالية نسبيًّا من التربتوفان. وعندما اختُبرت تلك السلالات على نباتات الطماطم وجد أنها حفزت إنتاج الجذور العرضية وزيادة أطوالها بقدر تناسب مع قدرة السلالات على إنتاج إندول حامض الخليك فى البيئة الصناعية. وعندما اختُبرت قدرة عزلات مجهولة على تحفيز النمو الجذرى العرضى، وُجدت تباينات كبيرة بينها فى هذا الشأن، وكانت تلك التباينات فى القدرة على التحفيز تتناسب طرديًّا مع إنتاج كل عزلة منها من إندول حامض الخليك فى البيئة الصناعية (Gowtham وآخرون ٢٠١٧).

وأمكن عزل سلالات بكتيرية داخلية التطفل endophytes من كل من الطماطم، و *Solanum linnaeanum*. تستعمر هذه البكتيريا (منها *Bacillus subtilis*، و *B. megaterium*) أساسًا السويقة الجنينية السفلى. ولقد تبين أن ١١٪ من سلالات تلك البكتيريا تُنتج باستمرار مضادات فطرية متطايرة عضوية فعَّالة ضد الفطر *Rhizoctonia solani*. وأظهرت ٧٨٪ من السلالات المضادة للفطر تحسنًا فى نمو بادرات الطماطم. وتبين أن سلالات البكتيريا *Bacillus* المضادة للفطر تُنتج Benzenamine N-ethyl كمركب عضوى متطاير بصفة رئيسية. وفى البيئة الصناعية قلل هذا المركب من نمو الفطر *R. solani*، وكذلك قلل من إصابة ثمار الطماطم بالفطر قبل وبعد الحصاد (Marzouk وآخرون ٢٠٢١).

الميكوريزا وغيرها من الفطريات الخارجية والداخلية التطفل

أدى تلقيح نباتات الطماطم قبل شتلها فى الحقل بخليط من فطريات الميكوريزا arbuscular mycorrhizal fungi مع السلالة 19v1T من *Pseudomonas* sp. أو السلالة C7 من *P. florescens*، ومع استخدام مستويات منخفضة من الأسمدة.. أدى ذلك إلى زيادة حجم الثمار وزيادة محتواها من السكر، ومن حامض الماليك والبيتاكاروتين (Bona وآخرون ٢٠١٨).

وفى دراسة أخرى استخدم فيها فطر الميكوريزا *Glomus iranicum* var. *temuipharum*، مع التلقيح به بمعدل صفر، و ١٠٠، و ٣٠٠ جم/م^{3} من بيئة الزراعة، وذلك لثلاثة أصناف من الطماطم، اثنان منها (H4، و H3) قابلين للإصابة بالميكوريزا، والثالث (Jacaranda) غير قابل للإصابة. وقد وُجد أن التلقيح بالميكوريزا بمعدل ١٠٠ جم/م^{3} أحدث تحسينات فى سلوك النباتات الفسيولوجى (محتوى الأوراق من الفوسفور والنيتروجين الكلى والكربوهيدرات الكلية)، وذلك مقارنة بمعاملتى عدم التلقيح بالميكوريزا والتلقيح بمعدل ٣٠٠ جم/م^{3} من بيئة الزراعة، وهى المعاملة التى أحدثت زيادة فى معدل البناء الضوئى وفى توصيل الثغور. هذا بينما لم تُحدث المعاملة بالميكوريزا أية زيادات فى محصول الثمار أو فى صفات جودة الثمار. وقد ازداد استعمار الميكوريزا للصنفين القابلين للإصابة بها عما حدث فى الصنف غير القابل للإصابة (Gómez-Bellot وآخرون ٢٠٢١).

كما وجد أن تلقيح الطماطم بالميكوريزا أدى إلى زيادة محصول الثمار وتحسين جودتها مع خفضٍ لمعدل التسميد، كما أدت المعاملة إلى إمكان خفض معدل الرى وزيادة كفاءة استخدام المياه مع المحافظة على محصول الثمار (Biel وآخرون ٢٠٢١).

وعندما لُقِّحت نباتات الطماطم إما بنوع منفرد من الميكوريزا، هو *Claroideoglomus claroideum*، وإما بخليط من أنواع الميكوريزا هى: *Acaulospora laevis*، و *Claroideoglomus claroideum*، و *Clariodeoglomus etunicatum*، وُجد ما يلى:

١– فى نهاية فترة الدراسة كان ٧٨٪ من المجموع الجذرى مستعمرًا باللقاح المفرد.

٢– ازداد سُمك النباتات بنسبة ٨١٪، و٣٥٪ فى حالتى اللقاح المفرد والخليط، على التوالى.

٣– ازداد محتوى الثمار من الليكوبين بنسبة ١٢٤,٥٪، و١١٣,٩٪ فى حالتى اللقاح المفرد والخليط، على التوالى (Aguilera وآخرون ٢٠٢٢).

الترايكودرما

أدت معاملة الطماطم بأى من السلالة T-22 من *Trichoderma harzianum*، أو السلالة QST713 من *Bacillus subtilis*، أو الشيتوسان إلى تحفيز إنتاج الكاروتينويدات (الليوتين والبيتاكاروتين) بالثمار، وحامض الأسكوربك، والأحماض الفينولية (caffeoyl glucaside، و p-coumaroyl glucoside) (Rendina وآخرون ٢٠١٩).

المستخلصات النباتية والمنشطات الحيوية غير الميكروبية

مستخلصات نباتية

عندما رُشَّت نباتات الطماطم أربع مرات بتركيز ٣ مل/لتر من كل من الـ protein hydrolysate (اختصارًا: PH) المستخلص من البقوليات، والمستخلص النباتى plant extract (اختصارًا: PE)، ومستخلص الأعشاب البحرية seaweer extract (اختصارًا: SWE) فإن ذلك أدى إلى تحسين المحصول المبكر والكلى والصالح للتسويق بنسب بلغت (فى المحصول الكلى) ١١,٧٪، و٦,٦٪، و٧,٠٪، على التوالى. ولقد أدت المعاملة بالـ PH إلى زيادة محتوى الثمار من الليكوبين والمواد الصلبة الذائبة الكلية والبوتاسيوم والمغنيسيوم، كما ازداد محتواها من الكالسيوم بالمعاملة بالـ SWE، وبدرجة أقل بالمعاملة بالـ PH (Colla وآخرون ٢٠١٧).

هذا.. ويُعد Trainer منتج تجارى من محفزات النمو النباتى الطبيعية، وهو protein hydrolysate مُشتق من البقول. عُومِلت نباتات صنفين من الطماطم بتركيزين (٢,٥، و٥

مل/لتر) من المنتج التجارى رشًّا كل ١٠ أيام. أدت المعاملة بالتركيز العالى إلى زيادة المحصول، وكان ذلك مصحوبًا بزيادة فى محتوى الأوراق من البوتاسيوم والمغنيسيوم ومعدل أعلى من صافى البناء الضوئى. كذلك أدت المعاملة بالتركيز العالى (٥ مل/لتر) — وبدرجة أقل التركيز المنخفض (٢٫٥ مل/لتر) — إلى زيادة النشاط المضاد للأكسدة، وتركيز المواد الصلبة الذائبة، ومحتوى العناصر (البوتاسيوم والمغنيسيوم) والمركبات النشطة بيولوجيًّا مثل الليكوبين وحامض الأسكوربك فى الثمار؛ بما يعنى تحسين جودة الثمار (Rouphael وآخرون ٢٠١٧).

وأدت معاملة الطماطم بالمستخلص المائى للثوم بالرش الورقى أو بالتسميد مع ماء الرى، أو بكلتا الطريقتين إلى تحفيز البادرات مورفولوجيًّا وفسيولوجيًّا، فازداد جوهريًّا ارتفاع النبات، والمساحة الورقية، وقطر الساق، والوزنين الطازج والجاف للنبات، هذا.. إلاّ إن التركيزات الأعلى فى حالة الفرتجة أثَّرت سلبيًّا على بعض مؤشرات النمو. كذلك ازداد نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة سوبر أوكسيد ديسميوتيز، وبيروكسيديز. هذا إلاّ إن أعلى تركيز فى الفرتجة أحدث زيادة فى محتوى الـ malondialdehyde المتراكم فى الأوراق؛ بما يعنى حدوث أكسدة للدهون أو حدوث شد أكسدة، أدى إلى ضعف نمو البادرات (Hayat وآخرون ٢٠١٨).

مستخلص حشائش البحر

وُجد أن رش نباتات الطماطم بمستخلص قلوى لحشائش البحر (طحالب البحر) البنية *A. nodosum* أو *Sargassum* sp. أحدث زيادة جوهرية فى عدد البراعم الزهرية والأزهار والثمار، وترافق ذلك مع زيادة فى مستويات التعبير فى ستة من جينات الإزهار (Dooki وآخرون ٢٠٢١).

مستخلص الفيرميكمبوست

أدت معاملة نباتات الطماطم أسبوعيًّا بتركيزات مختلفة من المستخلص المائى للفيرميكمبوست vermicompost tea (٥٪، و١٠٪، و٢٠٪). إلى تحسين دلائل النمو،

وإنتاج مركبات الأيض الثانوية بالثمار. فأدى التركيز العالى منه إلى تغير فى إنتاج وتراكم التربينويدات، والمركبات الفينولية، والأحماض الدهنية، والألكانات. كما حسَّنت المعاملة من التراكيب الفيزيائية وزادت من تركيز التربينات الأحادية والثنائية، والهيدروكربونات بالشمع السطحى؛ الأمر الذى قد يُفسِّر التحسين فى مقاومة الحشرات، وهو الأمر الذى سبقت ملاحظته جرَّاء تلك المعاملة (Souffront وآخرون ٢٠٢٢).

محفزات غير ميكروبية

حفَّزت معاملة شتلات الطماطم والفراولة بمحفزات النمو الطبيعية Radifarm، و Acadian، و ScanPro من النمو النباتى المبكر بعد الشتل، وتباينت المحفزات فى تأثيراتها على كلٍّ من النمو الخضرى والنمو الجذرى (Dong وآخرون ٢٠٢٠).

ويُعد الريوتين rutin من الفلافونويدات التى تنتشر على نطاق واسع فى مختلف النباتات، وهو مركب يستحث استجابات ضد عوامل الشدِّ البيئى والحيوى. ولقد وُجد أن رش نباتات الطماطم ثلاث رشات متوالية بالريوتين بتركيزات ٠,٥، و١,٠، و١,٥، و٢,٠ مللى مول/لتر — بدءًا من بعد الشتل بعشرين يومًا — أدى إلى زيادة البناء الضوئى، وزيادة محتوى الأوراق من المركبات الأيضية الأولية مثل الكلوروفيل، والكربوهيدرات، والبروتين، كما أدى إلى زيادة محتوى الثمار من المركبات الثانوية، مثل البولى فينول، والفلافونويدات، والليكوبين، والبيتاكاروتين والليوتين؛ ومن ثم زيادة قدرة تضادية الأكسدة فيها (Gorni وآخرون ٢٠٢٢).

التلقيح

على الرغم مما هو معروف جيدًا من أن نباتات الطماطم ذاتية التلقيح، إلاّ إنه أمكن من حصر للدراسات السابقة تحديد ٥٧ نوعًا حشريًّا تُلقح أزهار الطماطم، كانت جميعها من رتبة غشائية الأجنحة Hymenoptera، وتنتمى لعائلات Apidae (٦١٪)، و Halictidae (٣٥٪)، و Megachillidae (١٪)، و Colletidae (١٪)، و Andrendiae (٢٪). ولقد كانت حشرة نحل الـ *Bombus* أكثرها تمثيلاً بنحو ١٦

نوع. تُسهم هذه الحشرات الملقِّحة فى زيادة نسبة عقد الثمار وفى تحسين خواصها. وتُستخدم تجاريًّا خلايا أنواع معينة منها فى تلقيح الطماطم، هى نحل العسل *Apis mellifera*، والـ bumblebees من الأنواع: *Bombus terrestris*، و *B. impatiens*، و *B. occidentalis*، و *B. ignitus*، و *B. lucorum* (Toni وآخرون ٢٠٢١).

التحليق

حَوَّر تحليق الساق الرئيسية لنبات الطماطم من توزيع المواد الكربوهيدراتية على مختلف الأعضاء النباتية؛ حيث أدى إلى زيادة المحصول وحجم الثمار، مع التبكير فى الحصاد بنحو ١٠ أيام. وبالنظر إلى أن التحليق حَرَم الجذور من إمدادات المواد الكربوهيدراتية، فإن التوقيت المناسب لإجرائه كان بعد ٢–٣ أسابيع من تفتح آخر عنقود زهرى (Chai وآخرون ٢٠٢١).

الفصل الثانى

الفلفل والباذنجان

أولاً: الفلفل

ينتمى الفلفل للجنس *Capsicum*، وهو الذى يضم حوالى ٢٢ نوعًا بريًّا وخمسة أنواع مزروعة، هى: *C. annuum*، و *C. baccatum*، و *C. chinense*، و *C. frutescens*، و *C. pubescens*. وتقسم طرز الـ chile حسب صفات الثمار، ومعظمها ينتمى للنوع *C. annuum*، ويشذ عن ذلك طراز tabasco الذى ينتمى للنوع *C. frutescens*، وطراز habanero الذى ينتمى للنوع *C. chinense* (Bosland ١٩٩٦).

معاملات البذور

أدت معاملة بذور الفلفل بتحضيرات ٦٠٪ (وزن/حجم) من كلٍ من *Trichoderma viride* لمدة ٣ ساعات، أو *Pseudomonas fluorescens* لمدة ١٢ ساعة إلى تحسين الإنبات وزيادة قوة نمو البادرات (Ananthi وآخرون ٢٠١٤).

ويُفيد الـ drum priming فى الـ seed priming التجارى؛ حيث يمكن أن تصل رطوبة البذور إلى المستوى المرغوب فيه دونما حاجة إلى استعمال محاليل أسموزية للتحكم فى الترطيب. كذلك فإن للـ 24-epibrassinolide تأثير جوهرى على إنبات البذور. ولقد أدت المعاملتين معًا إلى تقليل الفترة التى لزمت لإنبات البذور، وأعقب الإنبات زيادة فى سرعة نمو البادرات، كما تحسن النشاط الإنزيمى بالبذور (da Silva وآخرون ٢٠١٥).

وأحدثت معاملة بذور الفلفل الشلى chilli بالحامض الأمينى الليوسين L-leucine بتركيز ٥٠ مللى مول لمدة ثلاث ساعات أكبر زيادة فى نسبة الإنبات (٨٩٪) وقوة نمو البادرات، وتلاها فى التأثير معاملات بأحماض أمينية أخرى، هى: الأيزوليوسين، والميثيونين، والفينيل آلانين، والبرولين. وقد أعطت معاملة النباتات بالليوسين أعلى

حماية جوهرية من الإصابة بالفطر *Colletotrichum capsici* مسبب مرض الأنثراكنوز (٦٥٪)، وتلتها المعاملة بالبرولين (٦٢٪)، مع ضرورة مرور أربعة أيام بعد المعاملة قبل التعرض للفطر لإعطاء الفرصة لتطوير أعلى مقاومة ضد الفطر الممرض.

كذلك أحدثت المعاملة تحسنًا فى دلائل النمو الخضرى.

وأحدثت المعاملة بالليوسين أعلى نشاط لإنزيمى الفينيل آلانين أمونيا لاييز والبيروكسيديز وفى المحتوى الفينولى الكلى، مقارنة بما حدث فى نباتات الكنترول (Abhayashree وآخرون ٢٠١٦).

وأدت معاملة بذور الفلفل بالشيتوسان أو بالترطيب المائى hydropriming إلى تحفيز سرعة الإنبات، وزيادة معدل نمو البادرات وبزوغها فى شدِّ البرودة. وأدت معاملة الشيتوسان إلى زيادة نشاط إنزيم الشيتينيز فى البذور والبادرات. كذلك أدت كل معاملات البذور بالشيتوسان، أو بحامض الخليك، أو بالبينوميل Benomyl، أو بالماء المقطر — ثم تجفيفها إلى مستوى رطوبتها الابتدائى — إلى إحداث زيادة جوهرية فى نشاط إنزيم الجلوكانيز glucanase. وربما تفيد زيادة نشاط الشيتينيز والجلوكانيز فى البذور والبادرات فى حماية البادرات من الإصابة بالأمراض الفطرية — بحثها للمقاومة الجهازية المكتسبة — وذلك فى ظروف البرودة والرطوبة الأرضية العالية (Samarah وآخرون ٢٠٢٠).

ولقد أدت معاملة بذور الفلفل بمحلول H_2O_2 — بتركيز ٥٠٪ – مُنَشَّط بالبلازما plasma activated 50% H_2O_2 solution (اختصارًا: EPAS-5% H_2O_2) إلى تثبيط إصابتها بالفطر *Colletotrichum gloeosporoides*، وتحسين إنباتها، وتحسين نمو البادرات منها، وتحسين الوزنين الطازج والجاف للبادرات (Ahmad وآخرون ٢٠٢١).

الشتلات والشتل

وقف نمو الشتلات

يُستخدم كل من اليونى كونازول uniconazole وحامض الأبسيسك abscisic acid فى معاملة شتلات الخضر لأجل الحد من نموها السريع؛ الأمر الذى يسمح

بجعلها فى الحجم الأمثل للشحن والشتل ويُعطى مرونة فى تسويقها. وبينما يعمل حامض الأبسيسك على تثبيط النمو الخضرى بحثٍّ استجابات تأقلم على الشدِّ، فإن اليونى كونازول يؤثر فى النمو الخضرى من خلال تثبيط تمثيل حامض الجبريلك.

عُوملت شتلات الفلفل قبل الموعد المتوقع لجاهزيتها للشتل بفترات مختلفة بكلٍّ من حامض الأبسيسك بتركيز ٣٫٨ مللى مول، واليونى كونازول بتركيز ٣٤ ميكرومول. أحدث الرش بحامض الأبسيسك تثبيطًا فى استطالة الساق؛ وهو التأثير الذى توقف بعد ٧ أيام من الموعد المتوقع لجاهزيتها للشتل، بينما استمر تأثير اليونى كونازول المثبِّط لمدة ٢٠ يومًا أو نحو ١٦ يومًا من الموعد المتوقع لجاهزيتها للشتل، وكان التقصير فى طول الساق بنسبة ١٥٪. وقد ثبطت معاملة حامض الأبسيسك تراكم المادة الجافة فى النمو الخضرى والجذور؛ الأمر الذى لم يحدث فى معاملة اليونى كونازول.

وبدا واضحًا أن معاملة اليونى كونازول تُفيد فى إنتاج شتلات مندمجة، بينما تُفيد معاملة حامض الأبسيسك فى إطالة فترة تسويق الشتلات، ولم يتجاوز تأثيرها فى تثبيط الكتلة البيولوجية للشتلات أكثر من ٩٪ إلى ١٢٪ عند ٧–٨ أيام قبل الموعد المتوقع لجاهزيتها للشتل، وتوقف هذا التأثير قبل ١٤–١٦ يومًا من الموعد المتوقع لجاهزيتها للشتل. وكان أفضل توقيت للمعاملة بحامض الأبسيسك هو قبل الموعد المتوقع لجاهزية الشتلات للشتل بنحو ٧ أو ٥ أيام، لكن هذا الموعد صاحبه اصفرار بالأوراق، وكان الموعد المثالى هو قبل جاهزيتها للشتل بثلاثة أيام (Agehara & Leskovar ٢٠١٥).

الشتل

الأسمدة البادئة

تُفيد الأسمدة البادئة (التى تكون ذائبة فى الماء وتضاف حول جذور الشتلات) فى تحفيز النمو الجذرى والنمو النباتى المبكر فى الفلفل. يجب أن تحتوى المحاليل البادئة على تركيز عالٍ من الفوسفور (حوالى ١ نيتروجين: ٣ فوسفور : صفر بوتاسيوم). تحتوى معظم المحاليلٍ البادئة على ١٫٥ كجم من سماد مركب تحليله ١٠ – ٣٤ — صفر يُذاب فى حوالى ٢٠٠ لتر من الماء. يُستخدم هذا المحلول السمادى — عادة — بمعدل ربع لتر لكل نبات. وإلى جانب توفير السماد البادئ للفوسفور (الذى قد لا يتوفر بالقدر الكافى

فى التربة الباردة فى الربيع المبكر) فإنه يعمل على تثبيت التربة حول الجذور، والتخلص من الجيوب الهوائية التى قد تؤدى إلى جفاف الجذور. هذا.. إلاّ أن السماد البادئ لا يُعد بديلاً للرى الجيد بعد الشتل (UG ٢٠٠٩).

الحد من صدمة الشتل

عُومِلت شتلات الفلفل بالرش الورقى بحامض الأبسيسك بتركيز ٠,١ أو ١,٠ مللى مول لمدة ٥، و ١٠ أيام، و١٥ يومًا متتالية. ولقد ظهر تأثير مُثبِّط للمعاملة بحامض الأبسيسك على صافى البناء الضوئى، وتوصيل الثغور بعد التعرض لحامض الأبسيسك لمدة خمسة أيام بمعدل ١,٠ مللى مول، وبعد التعرض له لمدة ١٥ يومًا بمعدل ٠,١ مللى مول، و ١,٠ مللى مول. وسرعان ما استعادت النباتات نشاطها فى البناء الضوئى بعد توقف المعاملة. وحدثت زيادة وقتية فى الجهد المائى للبادرات مع المعاملة بحامض الأبسيسك. وبعد ١٧ يومًا من بداية التجربة انخفض عدد الثغور على السطحين العلوى والسفلى للأوراق عندما أُجريت المعاملة بمعدل ١,٠ مللى مول بالمقارنة بمعدل ٠,١ مللى مول. وأحدثت المعاملة بمعدل ١,٠ مللى مول خفضًا فى وزن الورقة وعدد الأوراق، مع زيادة التأثير بزيادة فترة التعرض لحامض الأبسيسك. وبينما لم يتأثر الوزن الجاف للساق بتركيز ٠,١ مللى مول، فإنه انخفض بنحو ٣٠٪ بعد المعاملة بتركيز ١,٠ مللى مول لمدة ١٥ يومًا. وحدثت زيادة فى طول الجذور مع المعاملة بتركيز ١,٠ مللى مول لمدة ٥ أو ١٥ يومًا؛ بما يعنى حدوث زيادة فى الجذور الرفيعة (Ban وآخرون ٢٠١٧).

احتراق أو انسفاع الشتلات

تظهر الحالة التى تُعرف باسم التحليق الحرارى heat girdling، أو احتراق أو انسفاع الساق stem scald على نباتات الفلفل بعد ساعات قليلة من شتلها فى وجود غطاء بلاستيكى للتربة، ويظهر على صورة تلون رصاصى أو بنى فاتح بالساق أعلى الغطاء البلاستيكى مباشرة، ولا يلبث الساق أن ينهار ويسقط النبات، الذى قد يموت فى الحال أو يبقى راقدًا لأيام قليلة قبل أن يموت، وذلك تبعًا لشدة الحالة. هذا.. وعادة ما تتأقلم النباتات التى تُشتل قبل التاسعة صباحًا بكثير أو بعد الثالثة مساء بكثير على وضعها المائى بعد الشتل وتفلت من الإصابة (Vavrina ٢٠٠٨).

التطعيم وأهميته فى تحمل عوامل الشدِّ البيئى

دُرس تأثير تطعيم صنف الفلفل Herminio على كلٍّ من الأصول التجارية Atlante، و Creonte، و Terrano فى ظروف الشدِّ الرطوبى (٥٠٪ من الرطوبة المثلى)، ولقد أدت جميع الأصول إلى زيادة المحصول الكلى والمحصول الصالح للتسويق فى كلٍّ من ظروف الشدِّ الرطوبى والكنترول. وكان الأصل Creonte أكثر الأصول تأثيرًا فى زيادة المحصول وفى كفاءة امتصاص الماء؛ حيث كان المحصول أعلى بمقدار ٢٥٪ عن محصول الصنف Herminio غير المطعوم، وأعلى بمقدار ١٠٪ عن المحصول عند التطعيم على الأصلين الآخرين. كذلك أظهرت النباتات التى طُعِّمت على Creonte أعلى نشاط بناء ضوئى وأعلى محتوى مائى ورقى، وكانت الأكثر ثباتًا فى المساحة الورقية والكتلة الحيوية فى ظروف الشدِّ الرطوبى. وقد تبين أن النباتات المطعومة على Atlante كانت قوية النمو الخضرى، بينما كانت تلك المطعومة على Terrano أكثر تقزمًا ومُنتجة؛ فكانت مندمجة دونما تأثير سلبى على صفات جودة الثمار (Lopez-Marin وآخرون ٢٠١٧).

وأدى تطعيم صنف الفلفل الهجين Herminio (من طراز Lamuyo) على الأصول المناسبة، مثل A6، و A25، و A57 إلى التغلب على التأثيرات السلبية للحرارة العالية (٢٤/٣٨ °م – نهار/ليل – لمدة ٧ أيام)، بزيادة معدل النمو والمساحة الورقية والـ Fv/Fm مع خفض للتسرب الأيونى، وزيادة فى المحصول الصالح للتسويق (-Gisbert Mullor وآخرون ٢٠٢١).

كما دُرس تأثير تطعيم الفلفل الحلو على الأصلين: الصنف Aji Rico من *Capsicum baccatum*، والصنف Primero Red من *C. chinense* – وكلاهما من الفلفل الحار – علمًا بأن أصناف وسلالات هذين النوعين إما متحملة أو مقاومة لعدد من مسببات الأمراض التى تصيب الجذور – دُرس تأثير التطعيم عليهما على محصول وصفات الثمار. ولقد وُجد أن الأصول لم تُحدث تغييرًا فى عدد الثمار الكلى، والمحصول، ونسبة طول الثمرة إلى قطرها، ومحتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة. وقد أدى استعمال الأصل Primero Red إلى زيادة وزن الثمرة وإلى التبكير فى الإزهار. ولم تؤثر الأصول الحارة تلك على صفات ثمار الطعم، التى لم يتكون بها أى كابسايسينويدات. وبناء على نتائج تلك الدراسة فإنه يمكن استعمال هذه الأصول لأجل مكافحة أمراض الجذور فى الفلفل الحلو (Vega- Alfaro وآخرون ٢٠٢١).

أهمية التظليل

دُرس تأثير معاملات مختلفة من التظليل بالشباك (بمستوى تظليل صفر٪، و٣٠٪، و٤٧٪، و٦٣٪، و٨٠٪ على الوضع المائى ونمو ومحصول صنف الفلفل Arstotle فى Tifton بولاية جورجيا الأمريكية. ولقد وُجد أن معدل الـ photosynthetic photon flux وحرارة الأوراق انخفضت، بينما ازداد المحتوى المائى بزيادة مستوى التظليل؛ بما يعنى خفض فى استعمال الماء؛ بسبب انخفاض الحاجة للنتح. وأدت زيادة التظليل إلى تحفيز النمو النباتى. هذا بينما انخفض محصول الثمار وعدد الثمار المصابة بلسعة الشمس بزيادة مستوى التظليل. وكان أعلى محصول صالح للتسويق فى معاملة التظليل بنسبة ٣٠٪. وإضافة إلى ما تقدم بيانه، فقد انخفضت حالات الإصابة بكل من لفحة فيتوفثورا (*Phytophthora capsici*)، واللفحة الجنوبية (*Sclerotium rolfsii*) بزيادة مستوى التظليل. ولقد كانت أفضل معاملة هى التظليل بنسبة ٣٠٪ (Kabir وآخرون ٢٠٢٢).

أضرار مبيدات الحشائش التى سبق استخدامها فى حقل الزراعة

يَجب عدم زراعة الفلفل قبل مرور فترة مناسبة منذ آخر معاملة ببعض المبيدات فى الزراعات المحصولية الأخرى فى نفس الحقل، وذلك كما يلى:

المبيد الذى سبق استعماله	فترة الانتظار
Atrazine	سنة
Lexone/Sencor	٦ شهور
Bladex	سنة
Milogard	سنة
Princep	سنة
Surflan	٦ شهور
Cotran/Lanex	سنتان
Karmex/Direx	١–١,٥ سنة
Lorox/Linex	٦ شهور
Classic	سنة أو أكثر

(عن UG ٢٠٠٩).

أغطية التربة

قُورن استخدام الغطاء البلاستيكى الأسود والفضى للتربة فى إنتاج الفلفل فى العروتين الربيعية والخريفية فى ولاية جورجيا الأمريكية. كانت حرارة التربة فى منطقة نمو الجذور الأعلى تحت الغطاء البلاستيكى الأسود، والأقل تحت الغطاء الفضى، وذلك فى عروتى الزراعة، وكانت نسبة الإشعاع النشط فى البناء الضوئى المنعكس من الغطاء البلاستيكى الأعلى فى حالة البلاستك الفضى والأقل فى حالة البلاستك الأسود، كما انخفضت الحرارة فى منطقة نمو الجذور بزيادة نسبة الإشعاع المنعكس. هذ — ولم يكن للون الغطاء البلاستيكى تأثيرًا جوهريًّا على عدد أفراد التربس/زهرة، أو على الإصابة بفيرس ذبول الطماطم المتبقع. وقد كان المحصول الكلى والمحصول الصالح للتسويق أعلى فى معاملة الملش الفضى وأقل فى حالة الملش الأسود فى الخريف، بينما حدث العكس فى الربيع. وغالبًا.. كان الانخفاض فى النمو النباتى ومحصول الثمار فى حالة الغطاء الأسود فى الخريف مرده إلى زيادة حرارة التربة فى منطقة نمو الجذور؛ ومن ثم زيادة الشدِّ الحرارى مقارنة بما حدث فى حالة البلاستيك الفضى. وقد وُجد أن محصول الثمار ينخفض مع ارتفاع متوسط حرارة منطقة نمو الجذور الموسمى عن ٢٧,٥ °م، وتراوح المجال المناسب بين ٢٥، و٢٧,٥ °م (Diaz-Pèrez ٢٠١٠).

ويُفيد استخدام أغطية التربة التى تتحلل، مثل البلاستك الذى يتحلل بيولوجيًّا والأغطية الورقية فى مكافحة الحشائش دون أن تشكل مشكلة فى التخلص منها فى نهاية موسم النمو. وقد وُجد عندما استعمل البلاستك الذى يتحلل بيولوجيًّا أن ٤٠٪ إلى ٦٠٪ من التربة أصبحت مكشوفة فى نهاية موسم النمو جراء تحلل الأغطية، أما الغطاء الورقى فقد تحلل تمامًا. وقد أُوصى فى المواسم الحارة عند اشتداد الإصابة بالسِعد استعمال الغطاء الورقى للتربة؛ نظرًا لأنه يؤدى إلى تبريد التربة، ويوفر مكافحة جيدة للحشائش ومنها السِعد (Moore & Wszelaki ٢٠١٩).

الـــرى

معدل الرى وإمكانيات خفضه

يجب أن يكون شتل الفلفل فى تربة رطبة ثم تروى بعد الشتل مباشرة بنحو ٠,٧٥–١,٢٥ سم من الماء. ومع نمو المجموع الجذرى تجب المحافظة على رطوبة مناسبة بالتربة حتى عمق ٣٠ سم. وتبلغ قدرة التربة الرملية على الاحتفاظ بالرطوبة — عادة — حوالى ٢,٥ سم حتى عمق ٣٠ سم، ويجب عدم استنفاذ أكثر من ٥٠٪ من الماء المتاح قبل الرية التالية. ويمكن أن تبلغ قدرة الأراضى الثقيلة على الاحتفاظ بالرطوبة — عادة — ٥ سم حتى عمق ٣٠ سم. وفى تلك الأمراض يمكن استنفاذ ٢,٥ سم من الماء المتاح قبل إعادة الرى. ويعنى ذلك أن تكون الرية الواحدة فى حدود ١,٢٥ — ٢,٥ سم من الماء، مع زيادة الكمية بمقدار ١٠٪–٢٠٪ لعمل حساب الفقد بالبخر والانحراف فى توزيع ماء الرى بفعل الرياح. إن الرى يتوقف على النتح — بخر evapotranspiration اليومى. وبصورة عامة تحتاج حقول الفلفل فى فترات النتح — بخر العالى إلى الرى بنحو ١,٥ سم من الماء ٢–٣ مرات أسبوعيًّا فى الأراضى الرملية، وبنحو ٣ سم كل نحو خمسة أيام فى الأراضى الطينية.

وإذا استُخدمت الـ temsiometers فى تقدير رطوبة التربة فإن قراءتها يجب أن تبقى تحت ٣٠ سنتى بار (UG ٢٠٠٩).

ولقد وجد أن خفض معدلات الرى — سواء أكان ذلك خلال النمو المحصولى، أم أثناء نضج الثمار (الأمر الذى يُجرى — عادة — لإجراء الحصاد الآلى فى فلفل البابريكا) لا يُسرع النضج، ويضر بمحصول الثمار؛ ولذا.. يتعين الاهتمام بتزويد النباتات بحاجتها من الماء حتى الحصاد لإنتاج أعلى محصول (González-Dugo وآخرون ٢٠٠٧).

وأدى انخفاض الرطوبة الأرضية فى مزرعة لا أرضية إلى أقل من ٨٥٪ من السعة الحقلية وحتى ٥٥٪ إلى حدوث انخفاض فى كلٍ من النمو النباتى، والمحصول، واستخدام الماء، ومحتوى الثمار من فيتامين ج. وكانت نسبة ٨٥٪ من السعة الحقلية

هى الأفضل؛ نظرًا لأنها وفرت كمية كبيرة من مياه الرى تفوق ما حدث من خسارة النقص فى المحصول مقارنة بالمحصول عند رطوبة ١٠٠٪ من السعة الحقلية، وذلك مع المحافظة على محتوى عالٍ لفيتامين ج بالثمار (Ahmed وآخرون ٢٠١٤).

ولقد وُجد أن خفض معدل الرى بمقدار ٢٠٪ من الاحتياجات المائية للفلفل لم يؤثر جوهريًّا على المحصول، ولكن زيادة الخفض أكثر من ذلك كانت لها آثار سلبية على النمو والمحصول (Mardani وآخرون ٢٠١٧).

كذلك أمكن خفض معدل الرى (عندما أُجرى الرى بطريقة التنقيط مع استعمال غطاء بلاستيكى أسود للتربة) إلى نحو ٧٠٪ من النتح التبخرى دون التأثير على محصول الثمار، بينما خفَّضت تلك المعاملة من صافى البناء الضوئى وتوصيل الثغور، وزادت من نسبة الثمار المصابة بتعفن الطرف الزهرى. أما زيادة معدل الرى إلى ١٦٧٪ من النتح التبخرى فإنها أدت إلى زيادة الإصابة بأمراض الجذور وانخفاض محصول الثمار (Diaz – Pèrez & Hook ٢٠١٧).

وأدى تعريض نباتات الفلفل لشدِّ جفافى لمدة أربعة أيام إلى خفض المحتوى المائى النسبى للأوراق من ٩٢٪ إلى ٤٧٪، وإلى خفض كبير فى سلسلة انتقال الإليكترونات فى عمليات البناء الضوئى. وقد أدت المعاملة بالـ 24-epibrassinolide إلى تحفيز مباشر لنشاط الـ alternative oxidase pathway؛ مما وفر حماية من تثبيط البناء الضوفى بفعل شدِّ الجفاف (Hu وآخرون ٢٠١٩).

ولقد دُرس تأثير مستويات رى تراوحت بين ٣٣٪، و١٣٣٪ من معدل النتح والتبخر فى الفلفل المزروع فى تربة رملية — مع استخدام غطاء بلاستيكى للتربة — على النمو والمحصول وصفات جودة الثمار. ولقد أظهرت صفات الـ electron transport rate، وكفاءة الـ photosystem II، وتوصيل الثغور، والنتح علاقة إيجابية تربيعية quadratic مع زيادة مستوى الرى. كذلك ظهرت علاقة إيجابية تربيعية بين مستوى الرى وكلاً من ارتفاع النبات، وقطر الساق، وعدد أوراق النبات، والوزن الجاف للنمو

الخضرى، والوزن الطازج والجاف للساق. ولقد اقترن الرى بمعدل ٦٧٪ من معدل النتح والتبخر بانخفاض فى الوضع المائى بالنبات، والتبادل الغازى بالأوراق، والنمو النباتى، لكن لم يختلف محصول الثمار الصالحة للتسويق بين معاملة الرى تلك ومعاملة الرى بـ ١٠٠٪ من النتح والتبخر. ولقد انخفضت حالات الإصابة بلفحة الشمس بزيادة مستوى الرى، بينما لم تتأثر شدة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى.

وبعد الحصاد .. انخفض معدل فقد الماء من الثمار، ونتح الثمار، ونفاذية جلد الثمرة مع زيادة مستوى الرى قبل الحصاد.

كذلك ازداد محتوى العناصر المعدنية بالثمار مع زيادة مستوى الرى.

وعمومًا.. فإنه – مقارنة بالرى بمستوى ١٠٠٪ من النتح والتبخر – فإن الرى بمستوى ٦٧٪ لم يكن له تأثير على المحصول أو صفات الجودة.

ولم يكن للرى بمستوى يزيد عن ١٠٠٪ من النتح والتبخر تأثير إضافى على النمو والمحصول (Kabir وآخرون ٢٠٢١).

الرى بالرش وبالتنقيط

يُعد الرى بالرش أكثر وسائل الحماية من الصقيع كفاءة، وهو أمر يتطلب التوقيت الجيد وأن يُغطى ماء الرش النباتات بصورة تامة. ويجب ألاّ تزيد المسافة بين الرشاشات عن ٦٠٪ من قطر دائرة الرش المبتلة، وأن تُثبَّت الرشاشات على مسافة من حافة الحقل لا تزيد عن ٥٠٪ من قطر دائرة الرش المبتلة. ويجب أن تقوم بشابير الرش بما لا يقل عن دورة كاملة فى الدقيقة وأن يتراوح تصرفها بين ٠,٣، و ٠,٤ سم من الماء/ساعة. يجب أن يبدأ تشغيل الرشاشات قبل انخفاض الحرارة إلى الصفر المئوى (مثلاً عند ١ °م)، وأن تستمر فى الرش حتى ارتفاع الحرارة عن الصفر المئوى وبدأ ذوبان الثلج (عن UG ١٩٩٠).

ويُقلل الرى بالتنقيط – مقارنة بالرى بالغمر – من احتمالات إصابة الفلفل بمرض عفن الجذور الفيتوفثورى الذى يسببه الفطر *phytophthora capsici* (Xie وآخرون ١٩٩٩).

التسميد

تحليل النبات لتعرف مدى حاجته إلى التسميد

يُبين جدول (٢–١) تحليل مختلف العناصر بأصغر الأوراق التى اكتمل تكوينها فى خلال مرحلة الإزهار المبكرة. كما يُبين جدول (٢–٢) مستويات الكفاية من النيتروجين النتراتى والبوتاسيوم فى عصارة عنق الورقة فى مختلف مراحل النمو النباتى (عن UG ٢٠٠٩).

وفى دراسة على الفلفل الحلو فى زراعة محمية، وُجد أن تركيز الكفاية من النيتروجين النتراتى فى عصارة عنق الورقة لأفضل نمو خلال كل مراحل حياة النبات كان ١٤٠٠ مجم/لتر (Rodriguez وآخرون ٢٠٢١).

جدول (٢–١): تحليل مختلف العناصر بأصغر الأوراق التى اكتمل تكوينها فى خلال مرحلة الإزهار المبكرة.

العنصر	الحالة		
	مستوى النقص	مستوى الكفاية	مستوى الزيادة
بالنسبة المئوية:			
النيتروجين	< ٣	٣–٥	> ٥
الفوسفور	< ٠,٣	٠,٣–٠,٥	> ٠,٥
البوتاسيوم	< ٢,٥	٢,٥–٥,٠	> ٥
الكالسيوم	< ٠,٦	٠,٦–١,٥	> ١,٥
المغنيسيوم	< ٠,٣	٠,٣–٠,٥	> ٥,٠
الكبريت	< ٠,٣	٠,٣–٠,٦	> ٠,٦
بالجزء فى المليون:			
الحديد	< ٣٠	٣٠–١٥٠	> ١٥٠
المنجنيز	< ٣٠	٣٠–١٠٠	> ١٠٠
الزنك	< ٢٥	٢٥–٨٠	> ٨٠
البورون	< ٢٠	٢٠–٥٠	> ٥٠
النحاس	< ٥	٥–١٠	> ١٠
الموليبدنم	< ٠,٢	٠,٢–٠,٨	> ٠,٨

جدول (٢-٢): مستويات الكفاية من النيتروجين النتراتى والبوتاسيوم بالجزء فى المليون فى عصارة عنق الورقة فى مختلف مراحل النمو النباتى.

مرحلة النمو النباتى	تركيز النيتروجين النتراتى	تركيز البوتاسيوم
بداية ظهور البراعم الزهرية	١٤٠٠-١٦٠٠	٣٢٠٠-٣٥٠٠
بداية تفتح الأزهار	١٤٠٠-١٦٠٠	٣٠٠٠-٣٢٠٠
منتصف مرحلة نمو الثمار	١٢٠٠-١٤٠٠	٣٠٠٠-٣٢٠٠
بداية الحصاد	٨٠٠-١٠٠٠	٢٤٠٠-٣٠٠٠
القطفة الثانية	٥٠٠-٨٠٠	٢٠٠٠-٢٤٠٠

الأسمدة السابقة للزراعة والتسميد العضوى

تقل كفاءة الأسمدة السابقة للزراعة للفلفل إذا ما أُضيفت نثرًا على كل الحقل، والطريقة المقبولة هى ما تُعرف بالـ modified broadcast (أو طريقة النثر المحورة)، وفيها تضاف الأسمدة السابقة للزراعة على مصطبة الزراعة فقط، ويُفيد بعد ذلك تقليب الطبقة السطحية من التربة فى تقريب السماد من منطقة نمو الجذور، ومنع تحركه بفعل الماء والرياح.

وأدت إضافات الـ biochar للتربة إلى زيادة عدد ووزن ثمار الفلفل على مدى ثلاث سنوات، مع حدوث خفض جوهرى فى الإصابة بكل من البياض الدقيقى (*Leveillula taurica*) والـ broad mite (وهو *Polyphagotarsonemus latus*)، كما أدت المعاملة إلى زيادة محتوى التربة من المادة العضوية ومن التأثير على رقم التربة الأيدروجينى أو درجة توصيلها الكهربائى أو محتواها أو محتوى النبات من العناصر (Kumar وآخرون ٢٠١٨).

وعندما أُضيف الزيوليت zeolite بنسبة ٥٪ مع رواسب مخلفات عصر الزيتون بنسبة ٢,٥٪ - وليس ٥٪ - أنتج الفلفل أعلى كتلة بيولوجية من الثمار. وبينما أدت إضافة رواسب مخلفات عصر الزيتون إلى زيادة محتوى الأوراق من الفوسفور والمغنيسيوم والحديد والزنك والبورون، ونقص محتواها الصوديوم، وعدم تأثر محتواها من كلٍّ من

النيتروجين والبوتاسيوم والكالسيوم والمنجنيز والنحاس، فإن إضافة الزيوليت أدت إلى زيادة محتوى الأوراق من الفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم دون التأثير على محتواها من النيتروجين والمغنيسيوم (Assimakopoulou وآخرون ٢٠٢٠).

معدلات التسميد

العناصر الكبرى

أُوصى بزراعة الفلفل الشيلى فى الجو الحار على مسافة ٤٠ × ٣٠ سم على رؤوس مثلثات، مع إعطار جُرعات عالية من التسميد مع ماء الرى بالتنقيط خلال المراحل الزهرية المبكرة (٨–١٣ أسبوعًا بعد الشتل)؛ لأجل الحصول على أعلى محصول من الثمار (١٤,٥ طن/هكتار، أى حوالى ٦ طن/فدان) (Mali وآخرون ٢٠١٩).

وعندما سُمِّدت نباتات الفلفل بالنيتروجين بمستويات شديدة الانخفاض، وتقليدية، وشديدة الارتفاع، وُجد ما يلى:

١– حدث أكبر نمو خضرى وأعلى محصول فى مستويات النيتروجين التقليدية والعالية جدًّا.

٢– خفَّضت مستويات النيتروجين التقليدية والعالية جدًّا من كثافة أطوال الجذور.

٣– لم تكن كثافة أطوال الجذور كافية — فى حالة النقص الشديد للنيتروجين — لأجل تراكم المادة الجافة والمحصول، على الرغم من زيادتها كثيرًا فى ذلك المستوى من التسميد الآزوتى مقارنة بالتسميد التقليدى.

٤– انخفضت كثافة أطوال الجذور بزيادة معدل التسميد الآزوتى.

٥– ارتبطت كثافة أطوال الجذور سلبيًّا مع كلٍّ من المادة الجافة بالنموات الخضرية، وامتصاص المحصول للنيتروجين، والمحصول، والنيتروجين المتبقى فى التربة فى نهاية موسم النمو (Grasso وآخرون ٢٠٢٠).

ولقد أظهرت دراسة على الفلفل الناقوسى أن وصول الكالسيوم للثمرة يستمر خلال كل مراحل نموها؛ وعليه فإن التسميد بالكالسيوم خلال مرحلة الإزهار وبداية نمو الثمار

قد يمنع أو يحِد من أضرار نقص الكالسيوم فى الثمار (Mayorga-Gómez وآخرون ٢٠٢٠).

ومقارنة بمعاملة الكنترول، أدى التسميد بالمغنيسيوم إلى زيادة محصول الفلفل بنحو ٢٥,٦٪ فى المتوسط، لكن لم تحدث زيادة جوهرية فى المحصول بزيادة معدل التسميد عن ١١٢,٥ كجم أكسيد مغنيسيوم/هكتار (٤٧ كجم أكسيد مغنيسوم/فدان). وقد أدت المعاملة المغنيسيوم إلى زيادة تركيز المغنيسيوم والكابساسينويدات بالثمار، مع خفض فى محتواها من كلٍ من الكالسيوم والزنك وفيتامين ج، دون أن يكون للزيادة تأثير على محتوى الثمار من البوتاسيوم والحديد (Lu وآخرون ٢٠٢٠).

العناصر الصغرى والعناصر غير الأساسية

يستفيد الفلفل من التسميد المزدوج بكل من الموليبدنم والسيلينيم معًا؛ حيث يزداد تركيز العنصرين فى الثمار والنموات الخضرية، مع زيادة فى دليل الحصاد (Zhang وآخرون ٢٠١٦).

وتُفيد المعاملة بالسيليكون فى تحسين النمو النباتى وزيادة مضادات الأكسدة فى كلٍ من ظروف شدِّ الكادميم والظروف العادية؛ مما يقلل من أضرار سمية الكادميم.

فالسيليكون.. على الرغم من أنه عنصر ضرورى للإنسان، فإنه لا يُعد ضروريًّا للنبات، وإن كان يلعب دورًا مفيدًا فى تحسين النمو النباتى وتحمل حالات الشدِّ البيئى. وقد وُجد أن المعاملة بالسيلينيم فى المحاليل المغذية بتركيز ٧ ميكرومول أحدثت زيادة جوهرية فى المساحة الورقية فى النباتات المعاملة بالكادميم بتركيز ٠,٢٥ مللى مول. وأدت المعاملة بتركيزات متباينة من السيلينيم والكادميم (٣ ميكرومول Si مع ٠,٢٥ مللى مول Cd و ٣ أو ٧ ميكرومول Si مع ٠,٥ مللى مول Cd) إلى زيادة نشاط الكاتاليز. وقد حفَّض السيلينيم عند تركيز ٧ ميكرومول من محتوى البرولين فى الأوراق عند تركيز ٠,٥ مللى مول Cd. وعمومًا فقد أحدثت المعاملة بالسيلينيم زيادة جوهرية فى

النشاط المضاد للأكسدة بالأوراق، وهو النشاط الذى قلله التسمم بالكادميم (Shekari وآخرون ٢٠١٧).

ولقد وجد أن إضافة السيليكون الذائب لبيئة الزراعة كان له تأثير كبير فى تحسين النمو النباتى بتحفيزه للبناء الضوئى، وتوصيل الثغور، وحالة الماء بالأوراق، وثبات الأغشية الخلوية، وهى أمور أدت إلى زيادة إنتاج الكتلة البيولوجية تحت ظروف شدِّ الملوحة، وخاصة فى الأصناف الحسَّاسة للملوحة من الفلفل. ويُستفاد من هذه الدراسة إمكانية الاستفادة من المعاملة بالسيليكون فى تحسين إنتاجية أصناف الفلفل الحساسة للملوحة عند زراعتها فى الأراضى المعتدلة الملوحة، والأصناف المتحملة للملوحة عند زراعتها فى الأراضى الأعلى فى مستوى الملوحة (Altuntas وآخرون ٢٠١٨).

الفرتجة

أفادت المعاملة بحامض الهيوميك مع السماد المعدنى المركب — فى ماء الرى بالتنقيط للفلفل — فيما يلى:

١- انخفاض النيتروجين والبوتاسيوم الميسر وارتفاع الفوسفور الميسر فى أعماق التربة.

٢- زيادة محصول الثمار بنسبة ١٧٪-٢٧٪، وزيادة النمو الخضرى.

٣- زيادة كفاءة استخدام السماد وزيادة امتصاص عناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم (Suman وآخرون ٢٠١٦).

التسميد بالرش

لا يكفى التسميد بالرش فى توفير احتياجات الفلفل من العناصر الكبرى النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم؛ حيث لا يمكن توفير الكميات الكبيرة التى يحتاجها النبات من تلك العناصر مهما تعددت مرات الرش. وعلى الرغم من أن النيتروجين المستخدم فى الرش الورقى يمكن أن يُمتص فى خلال ٢٤ ساعة، فإن امتصاص البوتاسيوم يلزمه أربعة أيام، بينما يلزم لامتصاص الفوسفور ١٥ يومًا.

ويُفيد التسميد بالرش غالبًا فى علاج بعض المشاكل، مثل: تقليل حالات سقوط البراعم التى تنشأ نتيجة للتعرض للشدِّ البيئى، والمساعدة فى علاج أضرار حالات الصقيع والبَرَد، وزيادة تحمل النباتات لبعض حالات الشدِّ.

وبالمقارنة فإن التسميد بالرش يفيد فى التغلب على حالات نقص عناصر الكبريت والمغنيسيوم والكالسيوم والعناصر الصغرى.

ويُفيد الرش بالكالسيوم فى تجنب الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، كما يفيد الرش الأسبوعى بالبورون خلال فترة الإزهار فى تحسين العقد (GU ٢٠٠٩).

معاملات التغلب على عوامل الشدِّ البيئى

الجفاف

أدت المعاملة بالبكتيريا *Bulkhorderia cepacia* (وهى بكتيريا مُنتجة للـ Acc deaminase بنشاط عالٍ) إلى زيادة تحمل الفلفل لكلٍّ من شدِّ الملوحة وشدِّ الجفاف، وذلك بتحفيز النمو الجذرى القوى، وزيادة كتلة النبات البيولوجية (Maxton وآخرون ٢٠١٨).

كما أسهمت معاملة الفلفل بالسلالة KJ40 من البكتيريا *Bacillus butanolivorans* فى الحد من أضرار شدِّ الجفاف من خلال تعديلها للمركبات المضادة للأكسدة والفينولية بالنبات. لقد أدت المعاملة تحت ظروف شدِّ الجفاف إلى إحداث خفض جوهرى فى أكسدة الدهون، وتنشيط عالٍ فى نشاط البيروكسيديز والجلوتاثيون بيروكسيديز، بينما انخفض نشاط الكاتاليز والسوبرأوكسيد ديسميوتيز مقارنة بالكنترول. وأطلقت المعاملة بقوة تعبير عدة جينات ذات علاقة بتحمل شدِّ الجفاف تحت ظروف الشدِّ. وتحت ظروف الزراعة المحمية حُوفظ جيدًا على توصيل الثغور تحت ظروف الشدِّ. ولقد صاحبت المعاملة الحيوية تغيرات بالزيادة والنقصان فى محتوى الثمار من البولى فينولات والفلافونويدات؛ وخفض فى محتوى الكابسايسين، والداى هيدروكابسايسين، والنارنجينين naringenin؛ وزيادة فى الـ luteolin والـ catechin (Kim وآخرون ٢٠٢٢).

وأدى تعريض نباتات الفلفل لشدٍّ جفافى لمدة أربعة أيام إلى خفض المحتوى المائى النسبى للأوراق من ٩٢٪ إلى ٤٧٪، وإلى إحداث خفض كبير فى سلسلة انتقال الإليكترونات فى عملية البناء الضوئى. وقد أدت المعاملة بالـ 24-epibrassinolide إلى تحفيز مباشر لنشاط الـ alternative oxidase pathway، مما وفر حماية من تثبيط البناء الضوئى بفعل شدِّ الجفاف (Hu وآخرون ٢٠١٩).

كما أدى تعريض نباتات الفلفل بداية من مرحلة الإزهار لشدٍّ جفافى معتدل، مع زراعتها فى مخلوط من ٣٥٪ كمبوست جزر (من ناتج بيوت التعبئة) غنى بالبوتاسيوم.. أدى ذلك إلى زيادة محتوى الثمار من العناصر — وخاصة البوتاسيوم — والفينولات، مع انخفاض فى مستوى البيتاكاروتين والليكوبين (Fiasconaro وآخرون ٢٠١٩).

الملوحة

قُورن تأثير تطعيم صنف الفلفل Adige على كل من الأصول المتحملة لظروف شدِّ الملوحة والجفاف: A25، و B14، و C12، والأصل التجارى Antinema — مقارنة بالفلفل غير المطعوم — قورن تأثير ذلك على تحمل الملوحة والجفاف تحت ظروف الحقل. ولقد أعطى الفلفل المطعوم على الأصول المتحملة — تحت ظروف الشدِّ الملحى وشدِّ الجفاف — كمية أكبر من المحصول الصالح للتسويق، وخاصة عندما كان التطعيم على الأصل A25، مقارنة بما كان الوضع عليه عندما كان التطعيم على الأصل Antinema، أو عندما لم يكن هناك تطعيم. ولقد حافظ الأصل A25 على مستوى عالٍ من البناء الضوئى فى الطعم تحت ظروف الشدِّ من خلال عدد من وسائل التأقلم الفسيولوجية، مثل تراكم البرولين. وكان المحصول عند التطعيم على Antinoma مماثلاً للمحصول عندما كان التطعيم على A25 فى ظروف عدم الشد. ويبدو من نتائج هذه الدراسة أن التغلب على التأثير السلبى لشد الملوحة والجفاف عندما كان التطعيم على A25 حدث — أساسًا — من خلال تجنب حدوث تأثير سلبى لحالة الشد على عملية البناء الضوئى (Penella وآخرون ٢٠١٧).

أدت معاملة التربة قبل زراعة الفلفل بنترات الكالسيوم بتركيز ٦٠ مجم/كجم من

التربة، أو المعاملة بحامض الهيومِك للتربة خلال مرحلة تكوين الورقة الحقيقية الثالثة بمعدل ٧٥٠ أو ١٥٠٠ مجم/كجم من التربة.. أدت إلى إحداث زيادات جوهرية فى دلائل النمو، وهى RWL (المحتوى المائى النسبى للأوراق)، وصبغات البناء الضوئى، والمحتوى المعدنى، ومحتوى مضادات الأكسدة غير الإنزيمية بالنباتات، وذلك فى الظروف الطبيعية وظروف الشدِّ الملحى بالرى بالماء الملحى بتركيزه ١٠٠ مللى مول كلوريد صوديوم. كذلك تحسَّن محتوى الثمار من المركبات المضادة للأكسدة ومن الكابسايسين والليكوبين والبيتاكاروتين والفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة، وذلك بإجراء تلك المعاملات. وكان الجمع بين المعاملة بنترات الكالسيوم بتركيز ٦٠ مجم/كجم من التربة والمعاملة بحامض الهيوميك بتركيز ١٥٠٠ مجم/كجم من التربة الأكثر فاعلية فى تحسين الصفات التى ذُكِرت آنفًا، وذلك تحت ظروف الشدِّ الملحى (Akladious & Mohamed ٢٠١٨).

ولقد تم تجهيز بيوشار مزود بالكبريت بعمل مخلوط ٥ : ١٠٠ (وزن/وزن) من الكبريت المعدنى وبيوشار خشب الحمضيات، وأُضيف إليه الـ EM (الكائنات الدقيقة الفعالة) قبل خلطهما بالتربة. وفى ظروف شدِّ الملوحة كان لمعاملة البيوشار مع الـ EM عدة تأثيرات مفيدة، كان منها تحمل التجفيف dehydration (بسبب ضعف امتصاص الرطوبة فى ظل شدِّ الملوحة)، وتحسين وضع العناصر المغذية، وكفاءة البناء الضوئى، كما أنها خفَّضت جوهريًّا من تركيز الصوديوم والكادميم فى النباتات. وأدت المعاملة المزدوجة تلك إلى تحسين النمو النباتى، والمحصول، وتركيز العناصر الكبرى والصغرى، وكفاءة استعمال مياه الرى (Abd El-Mageed وآخرون ٢٠٢٠).

المنشطات الحيوية والكيميائية

المخصبات الحيوية

دُرس تأثير معاملة نباتات *Capsicum chinense* بالبكتيريا المذيبة للفوسفور *Purpureocillium lilacinum* على توفر العنصر ونمو النباتات والمحصول وصفات الجودة. وقد وُجد أن البكتيريا أذابت الفوسفور فى كلٍّ من $Ca_3(PO_4)_2$، و $FePO_4$،

وإن كان ذلك بأكثر كفاءة فى $Ca_3 (PO_4)_2$. وأنتجت البكتيريا الأوكسين إندول حامض الخليك، والـ siderophores. وقد حفَّزت البكتيريا — كذلك — الكتلة البيولوجية لكل من الجذور (بنسبة ٥٩,٢٪) والنمو الخضرى للنباتات، وزادت من محتوى النمو الخضرى من الفوسفور بنحو ١٠٪ ومن محتواه من الكلوروفيل، كما زادت المعاملة كلٍّ من وزن الثمرة (٤,٣٪) وحجمها (٩,١٥٪)، لكن لم يتأثر عدد الثمار المنتجة أو محصول النبات (Moreno- Salazar وآخرون ٢٠٢٠).

فى دراسة أخرى على *Capsicum chinense* وجد أن المعاملة بالبكتيريا *Beauveria brongniartii* كان لها تأثير إيجابى على إذابة الفوسفور، وإنتاج إندول حامض الخليك، والـ siderophores، والنمو النباتى، وجودة الثمار، ومحتوى النمو الخضرى من النيتروجين (Toscano-Verduzco وآخرون ٢٠٢٠).

وفى دراسة على صنف الفلفل Biquinho — الذى يتميز بطعمه الحلو وقلة حرافته — وُجد ان التسميد بسماد حيوى سائل يُفيد فى إنتاج ثمار أكبر حجمًا وأفضل قوامًا، وذلك مقارنة بمعاملات تسميد أخرى (Pereira وآخرون ٢٠٢١).

ولقد وجد أن معاملة نباتات الفلفل الـ hapanero (الذى يتبع *C. chinense*) تحت ظروف الصوبة بالبكتيريا *Pseudomonas putida* جعل من الممكن خفض كمية السماد غير العضوى المستعمل بنسبة ٢٥٪، حيث حافظت المعاملة على نمو وإنتاجية نباتات الفلفل (Chiquito-Contreras وآخرون ٢٠١٧).

كما أدى التسميد المعدنى الموصى به مع المعاملة بعزلات من البكتيريا المحفزة للنمو النباتى plant growth promoting rhizobacteria (من جذور الفلفل ومحيطة الجذرى) إلى زيادة محصول الثمار بنسبة ٣٧٪، وارتفاع النبات بنسبة ٢٠٪، والكتلة البيولوجية بنسبة ٣٠٪، مقارنة بالتسميد المعدنى الكامل فقط. كما تساوت استجابة الفلفل للمعاملة بالبكتيريا مع استعمال ٨٠٪ من كمية السماد المعدنى الموصى به مع استجابتها فى حالة التسميد المعدنى الكامل فقط. أى يمكن أن تفيد المعاملة بالبكتيريا فى خفض كمية السماد المعدنى المستعملة بنسبة ٢٠٪ (Gupta وآخرون ٢٠١٧).

وأدت معاملة جذور بادرات الفلفل وهى مازالت فى المشتل قبل شتلها بالبكتيريا *Bacillus amyloliquefaciens* إلى زيادة محتوى الثمار من البروتين الخام والدهون والكالسيوم والحديد وفيتامين ج والمحتوى الفينولى الكلى، ومضادات الأكسدة، ولكنها أنقصت من محتوى السكريات المختزلة والبوتاسيوم والنحاس، وذلك دون التأثير على الكربوهيدرات الكلية والرماد وصبغات البناء الضوئى (Cisternas-Jamet وآخرون ٢٠١٩).

كما وُجد تأثير إيجابى واضح لتلقيح الجذور بالبكتيريا المنشطة للنمو *Bacillus amyloliquaefaciens* على محتوى الثمار من الكالسيوم والحديد وفيتامين ج والمركبات المضادة للأكسدة. وكان لمرحلة تكوين الثمار تأثيرًا معنويًّا على الصبغات الطبيعية والمركبات الفينولية والمضادة للأكسدة، وهى التى ازدادت مع زيادة تلون الثمار (Cisternas-Jamet وآخرون ٢٠٢٠).

وفى دراسة حول تأثير التسميد الحيوى على نمو ومحصول الفلفل الهابارينو *habareno pepper* (وهو: *C. chinense*)، وُجد أن المنتج التجارى Bonasol (الذى يحتوى على مخلوط من كلٍّ من: *Azotobacter* sp.، و *Azospirillum brasilense*، و *pseudomonas fluorescens*، و *Bacillus subtilis*، و *Rhizophagus intaraddices*) — وليس المنتج Lilasol التجارى (الذى يحتوى على مخلوط من كلٍّ من: *Bacillus popilliae*، و *Bacillus thuringiensis*، و *Purpureocillium lilacinum* — مع معدل منخفض من الأسمدة المعدنية (٧٥٪) أدت إلى زيادة ارتفاع النبات (١٦,٧٪ – ١٨,٧٪)، وقطر الساق (٢٠,١٪–٢٥,٢٪)، وعدد الأزهار بالنبات (٨٤,٧٪)، والمحصول (٣٢,٤٪)، كما ازدادت الكتلة البيولوجية للنمو الخضرى (٦٥,٦٪)، والجذرى (١١٦,٥٪) (Veldovinos-Nava وآخرون ٢٠٢٠).

وفى دراسة على *Capsicum chinense* وُجد أن المعاملة بالبكتيريا *Beauveria brongniartii* كان لها تأثير إيجابى على إذابة الفوسفور، وإنتاج إندول حامض الخليك، والـ siderophores، والنمو النباتى، وجودة الثمار، ومحتوى النمو الخضرى من النيتروجين (Toscano-Verduzco وآخرون ٢٠٢٠).

منظمات النمو

يُستخدم حامض الجبريلك فى الولايات المتحدة على تطاق واسع فى تحسين النمو النباتى للفلفل، وذلك بالرش مرة أو مرتين بمعدل ١–٣ جم من المادة الفعالة/فدان فى ١٠٠–٢٠٠ لتر ماء/فدان بفاصل أسبوعين بين الرشتين. تجب بداية الرش بعد أسبوعين من الشتل. ويفيد هذا الإجراء — خاصة — عندما يسود الجو حرارة منخفضة بعد الشتل.

كذلك يُستعمل حامض الجبرلليك فى تحسين عقد الثمار ونموها. يُجرى لأجل ذلك رشة أو رشتان بمعدل ١–٣ جم من المادة الفعالة/فدان فى ١٠٠–٢٠٠ لتر ماء/فدان على فترات أسبوعية خلال الإزهار. ويوصى بالتركيز الأعلى مع الأصناف وفى المناطق التى توجد بها مشاكل فى عقد الثمار. ولتحفيز نمو الثمار يُعامَل بحامض الجبريلك فى بداية مرحلة الحصاد بجرعة الثلاثة جرامات (عن UG ١٩٩٠).

ولقد أحدث الرش الورقى للفلفل بأى من حامض الجبريلك أو حامض الأبسيسك انخفاضًا فى المحصول، وإن كانت المعاملة بحامض الجبريلك أحدثت زيادة فى ارتفاع النبات وفى مستويات التيروزين، والفوسفات، والكبريتات، والحديد، والفوسفور، فيما قللت من كميات الجلوكوز والفراكتوز. وبالمقارنة .. لم تُحدث المعاملة بإندول حامض الخليك أى تأثير مقارنة بالكنترول. وأدت المعاملة بحامض الأبسيسك إلى خفض مستوى السكروز، وزيادة مستوى الحديد. وأحدثت المعاملة بحامض الجبريلك تحسنًا فى صفات جودة الثمار دون إحداثها لأى تأثير جوهرى على المحصول (Pèrez-Jimènez وآخرون ٢٠١٥).

كما وجد أن منع التلقيح الذاتى ومعاملة الأزهار بنفثالين حامض الخليك لتحفيز العقد البكرى فى الفلفل الحلو قلل من التقلب فى المحصول ومن الإصابة بتعفن الطرف الزهرى (Heuvelink & Korner ٢٠٠١).

وقد عُومِلت نباتات ثلاثة أصناف من الفلفل الحلو الأحمر الثمار (هى: Barbero، و Ferrari، و Imperio) تحت ظروف الزراعة المحمية بالرش الورقى بكلٍ من الحامض

الدبالى humic acid، وحامض السلسيلك salicylic acid بتركيز صفر، و٠,٥، و١,٠، و١,٥ جم/لتر بعد ٢٠، و٤٠، و٦٠ يومًا من الشتل. أدت المعاملة بأى من الحامضين إلى إحداث زيادات جوهرية فى النمو الخضرى، ومحصول الثمار، وصفات الجودة فى كل الأصناف. هذا إلا إن معاملة الرش الورقى بحامض السلسيلك كانت أكثر فاعلية عن معاملة الرش بالحامض الدبالى. أظهرت جميع الأصناف التى عُومِلت بالرش الورقى بحامض السلسيلك بتركيز ١,٥ جم/لتر أكبر نمو خضرى وأعلى محصول للثمار، وكذلك أعلى عدد للثمار وقطر ووزن طازج وجاف للثمار، ومحتوى من فيتامين ج ومواد صلبة كلية ذائبة، وحموضة معايرة، وسكر كلى عن نباتات جميع المعاملات الأخرى. وأظهرت نباتات الصنف Ferrari التى عُومِلت بالرش الورقى بحامض السلسيلك بتركيز ١,٥ جم/لتر أعلى وزن للثمرة (٢٠٢,٤١ جم)، وسمك للثمرة (٦٨ مم). ولقد أحدثت هذه المعاملة — كذلك — زيادات فى المحصول الكلى بنسبة ٢٧,٧٪، و١٥,٩٪، و١٧,٩٪ فى الأصناف Barbero، و Ferrari، و Imperio، على التوالى (Ibrahim وآخرون ٢٠٢٠).

كما وُجد أن رش نباتات الفلفل الحلو قبل الحصاد بالجزئيات النانو لحامض السلسيلك salicylic acid nanoparticles بتركيز ١,٤ مللى مول أحدث تثبيطًا جوهريًّا فى شدة إصابة الثمار بالفطر *Alternaria alternata* مسبب مرض العفن الأسود، وذلك تحت ظروف العدوى الطبيعية وكذلك العدى المصطنعة (Abdel-Rahman وآخرون ٢٠٢١).

وأدت زيادة تركيز اليونى كونازول uniconazole الذى رُشَّت به نباتات الفلفل الجالابينو Jalapeno حتى ٥ مجم/لتر إلى الحد من النمو الرأسى للنباتات. ومع زيادة التركيز المعامل به إلى ١٠ مجم/لتر انخفضت أعداد الثمار المنتجة بنسبة ٥٪ ووزنها الكلى بنسبة ٣٠٪ (Villavicencio وآخرون ٢٠١٥).

الأحماض الأمينية ومستخلصات الطحالب البحرية

أدى الرش الورقى لنباتات الفلفل بالأحماض الأمينية وبمستخلص الطحلب البحرى *Ascophyllum nodosum* إلى إحداث زيادة جوهرية فى كلٍّ من ارتفاع النبات، ومتوسط

قطر الثمرة، وسمك جدار الثمرة، ومتوسط وزن الثمرة، مع تحسين خصائص الثمار بعد الحصاد؛ مما أدى إلى زيادة قدرتها التخزينية (Khan وآخرون ٢٠١٨).

الميلاتونين

عُومِلت بادرات ونباتات الفلفل المزهرة بالميلاتونين بتركيز ٠,٥ ميكرومول سقيًّا للتربة، ثم عُرِّضت لشدِّ برودة (١٠/٥ ْم، ليلاً/نهارًا) لمدة ثلاثة أيام. أدت معاملة الميلاتونين إلى خفض الأضرار المنظورة للبرودة، مع زيادة المساحة الورقية وكتلة النمو الخضرى للبادرات. كما حسَّنت معاملة الميلاتونين — كذلك — من العلاقات المائية، ودلائل البناء الضوئى، ونشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة، مع خفض لمحتوى الـ malondialdehyde، وفوق أوكسيد الأيدروجين، ونفاذية الأغشية الخلوية. وعند المعاملة بالميلاتونين فى مرحلة الإزهار فإنها أدت إلى مضاعفة المحصول المبكر، مع زيادة طفيفة فى المحصول الكلى (Korkmaz وآخرون ٢٠٢١).

الملقحات

عندما تكون زراعات الفلفل (وكذلك الخيار) فى مساحات صغيرة يصعب معها — عمليًّا — وضع خلايا نحل فى الحقل، فإنه يُفيد وضع جاذبات للقحات الأزهار من الحقول المجاورة. هذه الجاذبات قد تكون معمرة، مثل: *Phyla nodiflora*، و *Salvia faruncea*، أو قد تكون حولية وتزرع مرافقة لمحصول الخيار أو الفلفل، مثل: *Cosmos bipinnatus*، و *Borago officinalis*، و *Ocimum basilicum*. أدى استعمال تلك الجاذبات إلى زيادة محصول الثمار الكلى والصالح للتسويق دون التأثير على صفات الجودة (Montoya وآخرون ٢٠٢٠).

إنتاج البذور

يُفيد ترك ثمار الفلفل لأيام قليلة عد حصادها وقبل استخلاص البذور منها فى زيادة نضج البذور، وزيادة نسبة إنباتها سواء أكانت الثمار عند حصادها خضراء مكتملة التكوين، أم حمراء ناضجة. وتُعرف هذه العملية باسم in situ priming (Sanchez وآخرون ١٩٩٣).

ولقد أُجرى اختبار فلورة الكلوروفيل على لوطات من بذور الفلفل استُخلِصت من ثمار فى درجات مختلفة من التكوين والنضج بدءًا من الثمار البرتقالية (غير المكتملة التكوين) إلى الثمار الطرية (الزائدة النضج)، مرورًا بالثمار الحمراء اللامعة (النصف ناضجة) والثمار الحمراء الداكنة (الناضجة)، وذلك بهدف فرز البذور (باستبعاد البذور التى تُظهر فلورة للكلوروفيل)؛ بهدف تحسين نسبة وقوة الإنبات. ولقد أدت عملية الفرز تلك إلى إحداث زيادة جوهرية فى نسبة الإنبات المعملية وسرعة الإنبات، وقوة نمو البادرات فى كل لوطات البذور، ولكن كان أقوى تأثير فى البذور التى كانت ثمارها نصف ناضجة أو ناضجة (Kemanoglu وآخرون ٢٠١٣).

ثانيًا: الباذنجان

الأصناف

أصناف الباذنجان التقليدية كثيرة، وتتباين كثيرًا فى حجم ثمارها ولونها وشكلها. وتُعد الأصناف البيبى من الطرز الحديثة، والتى منها الصنف Hansel.

تُحمل ثمار هذا الصنف فى عناقيد وهى إصبعية الشكل، ويمكن استهلاكها وهى بطول ٥–٧ سم أو أطول قليلاً، وتبقى غير مرة. النمو الخضرى مندمج (Botts ٢٠٠٨).

تحسين إنبات البذور المعمرة

يمكن تحسين نسبة وسرعة الإنبات فى بذور الباذنجان المعمرة (خمس سنوات) بنقعها قبل الزراعة فى محلول لأى من حامض الجبريلليك بتركيز ١٠ أجزاء فى المليون، أو نترات البوتاسيوم بتركيز ٠,٠١ مول (Demir وآخرون ١٩٩٤).

أضرار مبيدات الحشائش التى سبق استخدامها فى حقل الزراعة

يمكن أن تؤثر بعض مبيدات الحشائش — التى سبقت المعاملة بها لمحاصيل أخرى فى نفس الحقل — يمكن أن تؤثر سلبيًّا على نمو الباذنجان وبقائه إن لم تتبع دورة زراعية ملائمة.

وتتضمن قائمة مبيدات الحشائش التى يتعين الحرص على تجنب أضرارها، ما يلى (Granberry ١٩٩٠):

المبيد	الفترة التى يحدث خلالها الضرر
Atrazine	سنة
Lexone/Sencor	٦ شهور
Bladex	سنة
Milogard	سنة
Princep	سنة
Surflan	٦ شهور
Cortoran/Lanex	سنتان
Karmex/Direx	١٢–١٨ شهر
Lorox/Linex	٦ شهور
Classic	سنة وربما فترة أطول
Scepter	سنة وربما فترة أطول

إضافة البيوشار للتربة

أدت الملوحة العالية فى مياه رى الباذنجان (٤ ديسى سيمنز/م) إلى خفض توصيل الثغور ومعدل البناء الضوئى، وزيادة حرارة الأوراق والتسرب الأيونى. كذلك مع ازدياد الملوحة (من ٢ إلى ٤ ديسى سيمنز/م) حدث انخفاض فى كلٍّ من النمو الجذرى (كثافة طول الجذور، وكثافة مساحة الجذور السطحية)، والنمو الخضرى (ارتفاع النبات، وقطر الساق، والمساحة الورقية)، والمحصول. وأدت المعاملة بالبيوشار biochar إلى تحسين توصيل الثغور ومعدل البناء الضوئى، وخفض حرارة الأوراق والتسرب الأيونى من أنسجة الورقة؛ مما أدى إلى تحسين النمو الجذرى والخضرى وزيادة المحصول. هذا.. ولم يكن هناك فرق فى تلك التأثيرات بين البيوشار المنتج من الخشب الربيعى اللين softwood والخشب الصميمى الصلب hardwood (Parkash & Singh ٢٠٢٠).

إعداد حقل الزراعة بالتشميس

كانت بسترة التربة بالتشميس عالية الفاعلية فى مكافحة ذبول فيرتسيليم ومعظم الحشائش الحولية، لكنها كانت فعالة جزئيًّا — فقط — ضد عفن الجذر الفلينى الذى يسببه الفطر *Pyrenochaeta lycopersici* ونيماتودا تعقد الجذور. وبالمقارنة وفر التطعيم على هجين الطماطم Brigeor حماية كاملة من الإصابة بعفن الجذر الفلينى ونيماتودا تعقد الجذور، ولكنه لم يوفر سوى حماية جزئية من الإصابة بذبول فيرتسيليم. ولقد كان متوسط المحصول بالكيلوجرام/نبات فى تجربتين بالبيوت المحمية ٩,٥ للكنترول، و ١٦,١ للتطعيم فقط، و ١٤,١ للتشميس فقط، و٢٠,٢ للتطعيم والتشميس معًا؛ بما يعنى أن الجمع بين التطعيم والتشميس أفضل بديل للتعقيم ببروميد الميثايل (Coannou ٢٠٠١).

التطعيم والأصول المستخدمة: أنواعها وتأثيراتها

من بين أهم الأصول التى استُخدمت فى تطعيم الباذنجان عليها، ما يلى:

١- النوع *Solanum integrifolium* الذى كان أول أصل استُخدِمَ لتطعيم

الباذنجان، ولا يزال أكثرها شيوعًا فى اليابان، وهو على درجة عالية من المقاومة للذبول الفيوزارى والذبول البكتيرى، ويُعد على درجة عالية من التوافق مع الباذنجان، ويسمح بامتداد موسم الحصاد لفترة طويلة.

٢- هجن الطماطم ، وهى تُستخدم نظرًا للتقدم الكبير الذى حدث فى تربية الطماطم، ولكن تلك الأصول – فى غياب مشاكل التربة المرضية – قد لا تكون بجودة أصول الباذنجان.

٣- النوعان *S. torvum*، و *S. sysimbriifolium* ، وخاصة النوع الأول لأنه عالى المقاومة للذبول البكتيرى والذبول الفيوزارى وذبول فيرتسيليم ونيماتودا تعقد الجذور، ويحفز كلا الأصلين النمو القوى للطعم (King وآخرون ٢٠١٠).

ولقد كان نمو طعوم الباذنجان أقوى ما يمكن على أصل من الهجين النوعى *Solanum melongena × Solanum incanum*، وذلك مقارنة بالباذنجان الذى طُعِّم على أصل من الهجين النوعى *Solanum melongena × Solanum aethiopicum*، أو على أصل من *Solanum torvum* أو *Solanum macrocarpon*، أو الكنترول غير المطعم أو المطعم على أصل من نفس صنف الباذنجان (Black Beauty) المستخدم كطعم. وقد ترتب على قوة النمو فى الباذنجان المطعم على أصل من الهجين النوعى *S. melongena × S. incanum* إنتاج أعلى محصول مبكر ومحصول كلى. هذا بينما لم تُلاحظ سوى فروق ضئيلة فى صفات جودة الثمار بين مختلف المعاملات باستثناء زيادة فى طول سبلات الكأس وسمكها فى ثمار النباتات التى طُعِّمت على أصل من *Solanum macrocarpon*. كذلك ازداد محتوى ثمار النباتات المطعومة *S. macrocarpon* عما فى ثمار نباتات المعاملات الأخرى. وتجدر الإشارة إلى ان جميع الأصول كانت متوافقة مع الطعم (Gisbert وآخرون ٢٠١١).

وتُعد بعض هجن الطماطم والطماطم الـ KVFN من الأصول المفضلة لتطعيم الباذنجان. كما استُعملت الأنواع القريبة تقسيميًّا من الباذنجان، مثل *Solanum*

torvum، الذى يُعد متوافقًا مع الباذنجان، فضلاً عن مقاومته للذبول وزيادته لقوة نمو الطعوم. هذا إلاّ أن نتائج تأثير هذا الأصل على محصول وجودة الباذنجان متضاربة، ويرجع ذلك إلى اختلاف تأثيره باختلاف صنف الباذنجان المستخدم كطعم. فبينما لم يكن للأصل *S. torvum* أى تأثيرات على جودة ثمار الصنفين Longo، و Black Moon فإنه أدى إلى زيادة نسبة الثمار غير الصالحة للتسويق من الصنفين Birgah، Black Bell. كذلك أحدث التطعيم على *S. torvum* تغيرًا فى لون الثمار التى أصبحت أقتم وأقل لمعانًا. هذا.. بينما لم يؤثر التطعيم على التلون البنى للأنسجة الداخلية بالثمار، وكانت الفينولات الكلية أعلى فى نباتات الباذنجان غير المطعومة (Moncada وآخرون ٢٠١٣).

ونظرًا لأن إنبات بذور *S. torvum* – كأصل للباذنجان – يستغرق وقتًا طويلاً ولا يكون منتظمًا وتكون بادراته بطيئة النمو؛ الأمر الذى يتطلب وقتًا طويلاً للتطعيم عليه.. فقد اتجه التفكير نحو استخدام عُقَلاً غير مجذرة من نباتات *S. torvum* للتطعيم عليها، وتبين أن التطعيم بهذه الطريقة يكون متوافقًا ويحدث الالتحام دون أن يكون لتجذير الأصل – بعد التطعيم – تأثيرًا سلبيًا عليه. وقد قصَّرت هذه التقنية كثيرًا من وقت التكاثر بالتطعيم وحَفَّزت النمو النباتى القوى وزادت محصول الثمار دونما أى تأثير سلبى على صفات النبات أو صفات جودة الثمار (Miceli وآخرون ٢٠١٤).

إن *S. torvum* يتميز – كما أسلفنا – بمقاومته لعدد من أمراض الجذور وبنجاح تطعيمه مع الباذنجان إلاّ أن بذوره بطيئة الإنبات كما أوضحنا من قبل ولا يكون إنباتها منتظمًا أو بنسبة عالية، مما يجعل استخدامه كأصل للتطعيم عليه أمرًا صعبًا. ولقد أمكن تطوير بروتوكول للتغلب على إنبات بذور هذا النوع تضمن نقعها فى الماء ومعاملتها بكل من حامض الجبريلك ونترات البوتاسيوم والكمر البارد stratification، والصدمة الحرارية والتعريض القليل للضوء. أدى إخضاع البذور لهذا البروتوكول إلى زيادة نسبة الإنبات عن ٦٠٪ بعد ثلاثة أيام والوصول إلى أقصى إنبات بعد ثلاثة أيام أخرى (Ranil وآخرون ٢٠١٥).

ولقد أمكن تطعيم هجين الباذنجان Birgah بدرجة عالية من النجاح على كل من السلالة jurubeba من *Solanum paniculatum*، والهجينان Msa 2/2 E7، و 460 CAL، ظهرت فى قوة النمو والمحصول، ولم تُحدِث تلك الأصول أى تغير فى صفات جودة الثمار وتركيبها، كما استمر تركيز الجليكوألكالويدات فيها أقل من حدِّ الأمان الموصى به وهو ٢٠٠ مجم/١٠٠ جم وزن جاف. ويمكن أن تكون تلك الأصول بديلاً للأصل الأكثر شيوعًا وهو *S. torvum* هذا.. مع العلم بأن الدراسة شملت تجربة أصول أخرى لم تكن أفضل من تلك المذكورة أعلاه، وقد شملت كلاًّ من *S. macrocarpon*، و *S. aethiopicum* (السلالتان: SASI، و SASa2، و *S. indicum* (Sabatino وآخرون ٢٠١٨).

ويتميز الباذنجان البرى *Solanium palinacanthum* بمقاومته لمدى واسع من أنواع الجنس *Meloidogyne*. وقد وُجد أن تطعيم الباذنجان عليه كان ناجحًا وحدث الإلتحام بين الأصل والطعم بشكلٍ جيد، كما لم يكن لهذا الأصل البرى أى تأثير على محتوى الثمار من الألفاسولانين ∝-solanine، والألفاسولامارجين ∝-solamargine. ولقد ثُّبط استعمال هذا النوع كأصل جوهريًّا من تكاثر *M. incognita*، وقلل من كثافة عشائر النيماتودا تحت ظروف الحقل، بينما لم يؤثر التطعيم فى حد ذاته على محصول الباذنجان (Murata وآخرون ٢٠٢٢).

أغطية التربة

كان تركيز السكروز فى ثمار الباذنجان — خلال مختلف مراحل نموها — أعلى ما يمكن عندما استُخدم غطاء بلاستيكى للتربة — عاكس للضوء — فى إنتاج المحصول — وتلى ذلك فى التأثير على تركيز السكروز بالثمار استخدام البلاستيك الأبيض، ثم الأسود، ثم الشفاف. وقد حفَّزَت أغطية التربة العاكسة للضوء والبيضاء نشاط الإنزيم sucrose synthase بدرجة أكبر عما أحدثته الأغطية السوداء والشفافة (Boo وآخرون ٢٠١٠).

إمكانية خفض معدل الرى

لم يكن لخفض معدل الرى بالتنقيط حتى ٦٧٪ من النتح التبخرى أى تأثير على محصول الثمار الذى يختلف عن المحصول المنتج عند ١٠٠٪ من النتح التبخرى أو أعلى من ذلك، مما يعنى إمكان خفض معدل الرى دون التأثير على المحصول (Diaz-Pèrez & Eaton ٢٠١٥).

التخصيب باليود

عندما أُضيف اليود — وهو عنصر ضرورى للإنسان — إلى المحلول المغذى للباذنجان، وُجد أن النباتات تتحمل تركيزًا من اليود يصل إلى ١٠٠ مجم/لتر. وتبين أن التطعيم على *Solanum torvum* يزيد من تحمل النباتات لزيادة اليود.

ولقد أدى التخصيب باليود بتركيز ١٠٠ أو ٣٠٠ مجم/لتر إلى زيادة المحصول الصالح للتسويق بنسبة ٢٨,٨٪، و٨,٥٪ – على التوالى — مقارنة بالكنترول. كما أدى ذلك التخصيب إلى زيادة محتوى الثمار من المادة الجافة وحامض الأسكوربك. وأدى التخصيب باليود بتركيز ٦٠٠ مجم/لتر إلى زيادة محتوى الثمار جوهريًّا من حامض الكلوروجنك. ولقد حسَّن التطعيم من محتوى الثمار من البروتين (٢٢,٩٪)، والبوتاسيوم (٧,٢٪)، والحديد (٢٠,٠٪)، والزنك (٢,٤٪)، مقارنة بثمار نباتات الكنترول غير المطعوم. وتباين محتوى اليود فى النباتات المطعومة على *S. torvum* بين ٠,٦٧ مجم/كجم وزن جاف عند صفر مجم يود/لتر إلى ١٨٨,٦٧ مجم/كجم وزن جاف عند أعلى تركيز من اليود (٦٠٠ مجم/لتر). هذا.. وكان أقل تلون بنى لِلُب الثمار فى حالة التطعيم مع صفر أو ١٠٠ مجم يود/لتر؛ وتحسنت مضادات الأكسدة بالتخصيب باليود. وبذا.. فإن التطعيم مع التخصيب باليود بتركيز ٣٠٠ أو ٦٠٠ مجم/لتر حسَّن بوضوح من المحصول وجودة الثمار الغذائية (Consentino وآخرون ٢٠٢٢).

معاملات التغلب على عوامل الشد البيئى

البرودة

أحدث تعريض نباتات الباذنجان لحرارة منخفضة (١٥ أو ٥ °م) تأثيرات سلبية عديدة فسيولوجية ومورفولوجية، إلاّ إن التلقيح بأربعة أنواع من الميكوريزا (هى: *Funneliformis mosseae*، و *Claroideglomus etunicatum*، و *Rhizophagus irregularis*، و *D. versiformis*) ساعد فى التغلب على شدِّ البرودة بتحسين التفاعلات الكيميائية الضوئية، وتنشيط الدفاع النباتى المضاد للأكسدة، وتراكم المركبات الحامية، وتقليل الأضرار بالأغشية الخلوية، وكان النوع *D. versiformis* أقلها تأثيرًا فى التغلب على أضرار شدِّ البرودة؛ نظرًا لعدم قدرته على العمل على تراكم المواد الحامية، وخاصة البرولين والفينولات الحرة (Pasbani وآخرون ٢٠٢٠).

الملوحة

أدت معاملة الملوحة (٨٠ مللى مول كلوريد صوديوم) للباذنجان إلى التأثير على الدلائل الفسيولوجية والكيميائية الحيوية، وتثبيط لمعدل النمو، وخفض للمحصول، بينما أدى الرش الورقى بالأوكسين indole-3-acetic acid (اختصارًا: IAA) بتركيزه ٢ مللى مول إلى التغلب على تلك التأثيرات. ومع زيادة محتوى الأوراق من البرولين والـ glycine betaine، وزيادة نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة تحت ظروف الشدِّ الملحى، فإن معاملة الـ IAA أعادت تلك الدلائل إلى وضعها الطبيعى (Shahzad وآخرون ٢٠٢٢).

معاملات تحسين النمو والمحصول

منشطات النمو الميكروبية

تُفيد المعاملة بالـ arbuscular mycorrhizal fungi فى مشاتل الباذنجان فى زيادة المحصول بنسب تراوحت بين ٦٪ فى حالة توفر الفوسفور للبادرات، و١١٪ فى حالة نقص الفوسفور، وكان ذلك مُصَاحَبًا بزيادة فى عدد الثمار التى يُنتجها النبات الواحد بين ثمرة واحدة، و١,٣ ثمرة (Douds وآخرون ٢٠١٧).

منشطات النمو الحيوية غير الميكروبية

الاسبرميدين والمثيونين

كان لمعاملة صنف من الباذنجان مبكر الإزهار وآخر متأخر بالاسبرميدين بتركيز ٠,٥ مللى مول تأثيرًا أكبر على الصفات المورفولوجية، بينما كان للمعاملة بتركيز ١ مللى مول تأثيرًا أكبر على الإزهار وصفات الثمار. وأدت المعاملة بالحامض الأمينى مثيونين methionine إلى تحسين الصفات التكاثرية والمحصول فى الصنف المتأخر الإزهار مقارنة بتأثيره على الصنف المبكر. ولكن كان للمعاملة بمثبطات مسارات تمثيل الاسبرميدين تأثيرًا مثبطًا أقوى على الصنف المبكر الإزهار عن تأثيرها على الصنف المتأخر. وأحدثت المعاملة بموقفات مسار بادئ المثيونين تأثيرًا مُثبطًا أقوى على خصائص الإزهار والإثمار فى الصنف المتأخر الإزهار. وكان المثيونين بادئًا حاسمًا لإنتاج الاسبرميدين المحفز للإزهار عن المعاملة بالاسبرميدين (Rezaeian وآخرون ٢٠٢٢).

البراسِّينوستيرويدات

تُفيد المعاملة بالبراسِّينوستيرويدات brassinosteroids فى حماية النباتات من مختلف حالات الشدِّ البيئى. ولقد أفادت المعاملة بالـ 24-epibrassinolide (اختصارًا: EBR) فى حماية بادرات الباذنجان من شدِّ البرودة من خلال عدة آليات؛ فقد أدت المعاملة رشًّا بتركيز ٠,١ ميكرومول قبل ٢٤ ساعة من التعريض لحرارة ١٠/٥ °م (نهار/ليل) لمدة ثمانية أيام إلى التغلب جزئيًّا على تثبيط النمو الذى أحدثه شد البرودة، وكان للمعاملة تأثيرًا جوهريًّا على البناء الضوئى بالزيادة، مع زيادات فى تركيز كلوروفيل أ، وكلوروفيل ب والكلوروفيل الكلى، وصافى معدل البناء الضوئى، وتوصيل الثغور. كما تغلبت المعاملة على أضرار الشد التأكسدى الذى تُسببه البرودة بحدوث انخفاض فى تركيز المركبات المحبة للأكسدة وفى أكسدة الأغشية الخلوية، مع حدوث زيادات فى نشاط إنزيمات السوبر أوكسيدديسميوتيز، والجوايكول بيروكسيديز

guaicol peroxidase، والكاتاليز، والأسكوربيت بيروكسيديز، وفى تركيز كلٍّ من حامض الأسكوربيك والجلوتاثيون المختزل والبرولين (Wu وآخرون ٢٠١٥).

كما وُجد أن المعاملة بالـ 24-Epibrassinolide بتركيز ٠,١ ميكرومول خففت جوهريًّا من الأضرار التأكسدية التى أحدثتها سُمية الزنك، ظهر ذلك فى زيادة النمو النباتى وخفض تراكم الزنك وفوق أكسيد الأيدروجين والـ malondialdehyde؛ الأمر الذى حدث من خلال تحفيز دورة الـ ascorbic acid-glutathione بزيادة نشاط الجينات والإنزيمات المفتاحية فيها (Wu وآخرون ٢٠١٦).

الفصل الثالث

القرعيـات

البطيـخ

معاملات البذور

أدت معاملة بذور البطيخ بالجبريللين إلى تحسين قوة إنباتها وقوة نمو البادرات، وكان ذلك مُصاحبًا بزيادة فى معدل التنفس أثناء الإنبات، وتحفيز لدورتى الـ glyoxylate، و tricarboxylic acid أثناء الإنبات، وتحفيز لتراكم العناصر المحبة للأكسدة خلال الأيام الأولى من الإنبات، وحث لنشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة سوبر أوكسيد ديسميوتيز، و guaiacol peroxidase، وتحفيز التعبير عن الـ CSD، والـ POD (He وآخرون ٢٠١٩).

كما أدت معاملة بذور البطيخ بالماء المحلل كهربائيًّا والحامضى قليلاً slightly acidic electrolyzed water (اختصارًا: SAEW) إلى تحسين إنباتها، وكان ذلك مُصاحبًا بخفضٍ فى تراكم حامض الأبسيسك فى البذور، وحث لفاعلية الجينات ذات العلاقة بهدم حامض الأبسيسك. هذا فى الوقت الذى أدت فيه معاملة البذور بالـ SAEW إلى زيادة محتواها من حامض الجبريلك، وإلى تثبيط تراكم العناصر المحبة للأكسدة ROS فيها. وكان تأثير المعاملة على إنبات البذور مماثلاً لتأثير المعاملة بالداى ميثيل ثيوريا dimethyl thiourea، وهى مثبط للـ ROS (Wu وآخرون ٢٠٢٢).

الأقلمة على شدِّ البرودة

أدت أقلمة نباتات البطيخ للبرودة بتعريضها لحرارة أقل من المثلى إلى اكتسابها تحملاً لشدِّ البرودة بحدوث انخفاض فى التسرب الأيونى وفى تراكم الـ malondialdehyde، مقارنة بما حدث فى النباتات التى لم تؤقلم. ولقد قلَّ تثبيط البناء الضوئى والانخفاض فى معدل استيعاب ثانى أكسيد الكربون الناشئان عن التعرض

لشدِّ البرودة، وذلك بالأقلمة فى حرارة أقل من المثلى. ولقد أدت الأقلمة إلى تنظيم القدرة الأسموزية؛ الأمر الذى وفَّر حماية من أضرار البرودة لتسببها فى تراكم لمركبات صغيرة التركيب الجزيئى، مثل السكريات الذائبة والبرولين (Lu وآخرون ٢٠٢٠).

التطعيم

معاملات تحسين نجاح التطعيم

وُجد أن رش الأصول بكل من ٢٪ محلول سكروز + مضاد للنتح قبل التطعيم يؤدى إلى زيادة نسبة بقاء نباتات البطيخ المطعومة بطريقة اللصق splice، علمًا بأن تلك الطريقة فى التطعيم تمنع أى تجدد للنمو فى الأصل وتقلل من تكلفة إنتاج الشتلات (Devi وآخرون ٢٠٢٠).

تأثير الأصول على النمو والمحصول والجودة ومقاومة الأمراض

استُخدمت الأصول التجارية Strongtosa، و Carnivor، و Macis فى تطعيم صنف البطيخ Melody. ولقد كانت النباتات غير المطعومة أعلى محصولاً، وأعلى فى متوسط وزن ثمارها. وفى نفس الوقت كان لب (لحم) الثمار الناتجة من التطعيم على Carnivor، و Strongtosa أكثر صلابة عن لب ثمار النباتات غير المطعومة (Suchoff وآخرون ٢٠١٩).

وقد دُرس تأثير استخدام أنواع مختلفة من الأصول (الصنف Pelop من اليقطين *Benincasa hispida*، والصنف Round من *Lagenaria siceraria*، والصنفين Super Shintosa، و Tetsukabuta من الهجين النوعى *Cucurbita maxima × C. moschata*) لصنفِ البطيخ اللابذرى Secretariat — مقارنة بعدم التطعيم — على نمو ومحصول وجودة الثمار. وقد وُجد أن استخدام Super Shintosa كأصل أعطى أعلى عدد كلى من الثمار/نبات (٣,٧)، وأعلى محصول/نبات (١٤,٨ كجم)، بينما أعطى عدم التطعيم أقل تلك القيم (٠,٧، و٣,٢ كجم، على التوالى). كذلك أدى استخدام هذا الأصل إلى إعطاء أعلى صلابة للثمار (٦,٧ N)، مقارنة بعدم التطعيم (٤,٣ N). وقد

قللت جميع الأصول من شدة الإصابة بذبول فيرتسيليم الذى يُسببه الفطر *V. dahlia* (Devi وآخرون ٢٠٢٠).

ووجد فى دراسة على مركبات النكهة المتطايرة فى البطيخ الـ mini أن أكثرها تواجدًا كانت ألديهدات وكحولات ذات سلاسل كربونية C_6، و C_9 ، وكان أهمها كلاً من:

(Z)-2-nonenal

(E,Z)-2,6-nonadienal

(Z)-3-nonen-1-ol

(Z,Z)-3,6-nonadien-1-ol

ولقد وُجدت اختلافات كمية فى تلك المركبات بين مختلف الأصول، وهى التى انتُخِبت على أساس مقاومتها للأمراض. وتبين أن الأصل RS841 كان أفضلها فى المحافظة على المحصول مع صفات الجودة، وخصائص النكهة والمركبات المتطايرة. وتُشير الدراسة إلى أهمية اختيار الأصل المناسب للمحافظة على صفات الجودة مع المحصول الجيد (Tripodi وآخرون ٢٠٢٠).

وقد أُجرى تقييم لـ ١٨ سلالة مقاومة للفيوزاريم من *Citrullus* — مقارنة بأصول *Cucurbita*، و *Lagenaria* — كأصول لتطعيم البطيخ. ووجد أن الأصول كان لها تأثير جوهرى على محصول البطيخ وجودة ثماره، ولم يحافِظ على شكل الثمار المستطيل oblong سوى أصول *Citrullus*، بينما أدى استعمال أصول *Cucurbita*، و *Lagenaria* إلى إنتاج ثمار تراوحت فى الشكل بين الكروية المبططة والكروية. وقد انخفضت شدة الإصابة بالذبول الفجائى باستعمال الأصلين RS-10، و RS-18 من *Citrullus*. وأوصت الدراسة باستخدام الأصول RS-10، و RS-11، و RS-18 من *Citrullus* لتطعيم البطيخ. هذا.. وبدراسة خصائص النمو الجذرى لجميع الأصول تبين أن قطر وطول السويقة الجنينية السفلى يُعدا دليلاً على مدى قوة النمو الجذرى (Pal وآخرون ٢٠٢٠).

ووُجد أن الهجن النوعية للجنس *Cucurbita* (وهى: *C. maxima × C. moschata*) كانت هى الأنسب كأصول لحماية البطيخ من الإصابة بالفطرين *Pythium aphanidermatum*، و *P. myriotylum*؛ حيث كانت — كأصول — أقل قابلية للإصابة بفطرى البيثم عن كلٍّ من اليقطين *Lagenaria siceraria*، والسترون *Citrullus amarus*. ولقد أدى التطعيم على الهجين النوعى Camelforce محصولاً كليًّا وصالحًا للتسويق أعلى جوهريًّا عن التطعيم على غيره من الأصول (Toporek & Keinath ٢٠٢٠).

وفى دراسة اعتمدت على العدوى الطبيعية بالفطر *Verticillum dahliae* — مسبب مرض ذبول فيرتسيليم فى البطيخ — مع العدوى الصناعية — كذلك — بالفطر عند الشتل.. أُجرى تقييم شمل ٥٦ سلالة من الأجناس *Cucurbita*، و *Lagenaria*، و *Benincasa* لمقاومة الفطر، ثم استخدمت أفضل ١٤ سلالة من حيث المقاومة مع إنبات جيد للبذور (> ٤٠٪)، وكذلك الأصل التجارى Tetsukabuto كأصول لتطعيم صنف البطيخ Secretariat، وكانت أعلى نسبة بقاء (مقاومة لفطر فيرتسيليم) لكلٍّ من الأصل Tetsukabuto (٩٠٪)، والسلالة PI 381840 من *L. siceraria* (٨٩٪). أما باقى السلالات فتراوحت فيها نسبة البقاء بين ٢٢٪، و٨٥٪. لم تؤثر الأصول على موعد ظهور الأزهار المذكرة والمؤنثة. هذا.. إلاّ إن ٦ سلالات — فقط — هى التى أنتجت ثمارًا ناضجة — أى كانت متوافقة — عند التطعيم عليها. ولم تتباين السلالات أو الأصل Tetsukabuto فى مختلف صفات جودة الثمار (الوزن، ونسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية، والـ pH، ومحتوى الليكوبين، وصلابة القشرة وسمكها، ومحتوى المادة الجافة). هذا.. إلاّ إن صلابة لب الثمرة فى Secretariat تباينت بين الأصول، وكانت الأعلى مع الأصل PI 491316 والأقل مع الأصل PI 149174 (Attavar وآخرون ٢٠٢١).

تأثير الأصول على تحمل عوامل الشدّ البيئى

يمكن أن تؤدى الحساسية لنقص البورون فى بيئات الزراعة خلال المراحل المبكرة من نمو بادرات البطيخ إلى تثبيط نمو وتطور النباتات. ولقد وُجد أن تطعيم صنف البطيخ

Mahubi على أصل الكوسة *C. pepo* الهجين Tiana أدى إلى زيادة الوزن الجاف للبطيخ جوهريًّا تحت ظروف نقص البورون، مع زيادة تركيز البورون فى النموات الخضرية. وعلى العكس من ذلك — أدى التطعيم إلى نقص تركيز البورون فى النموات الخضرية تحت ظروف زيادة تركيز البورون فى بيئة الزراعة. وحسَّن التطعيم على الكوسة — كذلك — من امتصاص عدة عناصر، مع زيادة فى المحتوى الكلوروفيللى. وتحت ظروف شدِّ نقص البورون أدى تطعيم البطيخ على الكوسة إلى زيادة نشاط عدة إنزيمات مضادة للأكسدة، مثل الكاتاليز، والسوبرأوكسيد ديسميوتيز، والبيروكسيديز، مع خفض جوهرى فى كلٍّ من الـ H_2O_2 و الـ malondialdehyde (Siamak & Paolo ٢٠١٩).

تأثير التسميد العضوى على كفاءة استخدام المياه

أوضحت دراسة أُجريت على صنف البطيخ اللابذرى Fascination أن إضافة المركبات العضوية الدبالية للتربة أدت إلى زيادة المحصول المبكر بنسبة ٣٨,٦٪ والمحصول الكلى بنسبة ١١,٨٪، لكن تلك الزيادة فى المحصول المبكر لم تحدث إلاّ عندما كان الرى بمقدار ٥٠٪ – فقط– من النتح التبخرى. ولقد أدت معاملة الرى تلك — مقارنة بالرى بمقدار ١٠٠٪ من النتح التبخرى — إلى زيادة كفاءة استخدام المياه، دون التأثير جوهريًّا على المحصول الكلى. كذلك أدت إضافة المادة العضوية للتربة إلى زيادة محتوى التربة من الكربون العضوى، وهو ما ارتبط جوهريًّا بكفاءة استخدام المياه (Qin & Leskovar ٢٠٢٠).

تحديد اكتمال تكوين الثمار بتكنولوجيا الـ NIRS

استُخدمت تقنية الـ Near infrared spectroscopy (اختصارًا: NIRS) (بجهاز محمول portable) فى تقدير محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة — وهى أهم المؤشرات على اكتمال تكوين الثمار full maturity، وذلك قبل حصادها. وبذا.. فإن هذه التقنية يمكن أن تفيد منتجى البطيخ فى تأكيد جودة الثمار والتنبؤ باكتمال تكوينها لأجل حصادها (Vega-Castellote وآخرون ٢٠٢٢).

الكنتالوب

اختبار لتقدير قوة إنبات البذور

أُخضعت ستة لوطات من بذور الكنتالوب الأصفر التى تتباين فى نسبة وقوة إنبات البذور لاختبار الإيثانول ethanol test؛ حيث تبين أن الإثيلين المنطلق من ٢٥ بذرة منقوعة فى ٠,٥ مل من الماء المقطر لمدة ٦ ساعات كان اختبارًا سريعًا وكفؤًا لتحديد جودة البذور. وقد توافق نشاط الكاتاليز والسوبر أوكسيد ديسيميوتيز مع اختبار الإيثانول بسبب شد الأكسدة الذى يحدث فى البذور المتدهورة (Ornellas وآخرون ٢٠٢٠).

التطعيم

دُرس تأثير تطعيم صنف الكنتالوب الشبكى Halona على أصلين من الهجين النوعى *Cucurbita maxima* × *C. moschata*، هما: Carnivor، و NH1320، وتبين حدوث التأثيرات التالية فى موقعين للدراسة.

١- كان ظهور الأزهار المؤنثة أبكر بنحو ٣-٩ أيام فى النباتات غير المطعومة مقارنة بظهورها فى النباتات المطعومة، وكان حصاد المطعومة أبكر بنحو ٣-٨ أيام.

٢- لم تظهر بالنباتات المطعومة أى حالات ذبول فجائى، وهى التى ظهرت فى غير المطعومة.

٣- كان المحصول الصالح للتسويق أعلى فى النباتات المطعومة على Carnivor بنسبة ٥٧٪، و٩٠٪، وعلى NH 1320 بنسبة ٤٤٪، و٨٩٪ فى موقعى الدراسة اللذان كان محصول النباتات غير المطعومة فيهما ٣٠,٥، و٢٣,٧ طن/ هكتار (٢١، و١٠ طن/فدان)، على التوالى.

٤- لم يؤثر التطعيم على صلابة الثمار ولا على نسبة المواد الصلبة الذائبة فيها، ولكن ازداد متوسط وزن الثمرة فى النباتات المطعومة بنحو ٣٣٪، و٧١٪ فى الموقعين، كما ازداد عدد الثمار (Ohletz & Loy ٢٠٢١).

وفى دراسة استُخدمت فيها عدة هجن من *Cucurbita maxima* × *Cucurbita maschata* كأصول لتطعيم صنف الكنتالوب الهجين Edali بطريقة الـ cotyledon splice، كانت الأصول كفؤة فى مقاومة الذبول الفيوزارى وتماثلت فى هذا الشأن، وأنتجت محصولاً أعلى مما فى حالة عدم التطعيم. ولقد ازداد المحصول بزيادة متوسط وزن الثمرة وعدد الثمار/نبات. ولم يكن للتطعيم أى تأثير إيجابى على جودة الثمار، باستثناء ازدياد محتوى ثمار النباتات المطعومة من العناصر عما فى ثمار النباتات غير المطعومة (Ozbahce وآخرون ٢٠٢١).

أهمية التسميد بالمغنيسيوم

دُرس تأثير مستويات مختلفة من المغنيسيوم تراوحت بين صفر، و١٠٠٪ من تركيزه فى محلول هوجلند المغذى على نمو وتحليل العناصر بالكنتالوب، وقد تبين أن زيادة مستوى المغنيسيوم فى المحلول المغذى حتى ٧٥٪ أو ١٠٠٪ من مستواه فى محلول هوجلند المغذى أحدثت زيادة مستمرة فى قراءة الـ SPAD بالأوراق، وعدد الأوراق، وقطر الساق، والوزنين الطازج والجاف للنمو الخضرى، والوزن الطازج للجذور، وكلوروفيل ب، والكاروتينويدات، والبروتين، ونشاط الكاتاليز والبيروكسيديز؛ هذا.. بينما كانت مساحة الورقة، وطول عنق الورقة، وطول السلامية أعلى قيمًا فى المستويات المنخفضة من المغنيسيوم فى المحلول المغذى. كذلك ازداد محتوى الأوراق من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والمغنيسيوم والحديد — وليس الكالسيوم — بزيادة تركيز المغنيسيوم فى المحلول المغذى (Saghaiesh وآخرون ٢٠١٩).

المعاملة بالبكتيريا المذيبة للفوسفور

وُجد أن إصابة الكنتالوب بالبكتيريا *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* مسببة مرض التلطخ البكتيرى انخفضت بنسبة ٥٧,١٪ عندما عُوملت النباتات بالسلالة N3 من البكتيريا المذيبة للفوسفور *Burkholderia* sp.. ولقد ازداد امتصاص النباتات المعاملة بتلك البكتيريا من عنصر الفوسفور (بنسبة ١٧,٤٨٪)، كذلك ازداد فى النباتات

التى عُوملت بأى من السلالتين: N3 أو Pslb24 تركيز الحديد Fe^{3+} جوهريًّا، وربما لعب ذلك دورًا فى تثبيط الإصابة بالتلطخ البكتيرى (Zhang وآخرون ٢٠٢١).

أهمية أسمدة السيليكون التى أساسها الخبث

وُجد أن تسميد الكنتالوب بالسيليكون الموجود بالخَبَث slag-based silicon fertilizer تقلل جوهريًّا من شدة الإصابة بتلطخ الثمار البكتيرى الذى تسببه البكتيريا *Acidovorax citrulli*، أيًّا كان هجين الكنتالوب المستخدم فى الدراسة. ولقد حسَّن الخبَث من خصوبة التربة والنمو النباتى. هذا ولم تظهر اختلافات بين الأصناف فى محتوى أنسجتها من السيليكون، إلاّ إن الهجين AF4945 راكم تركيزات من الكالسيوم والزنك أعلى مما حدث فى الهجين Medellin، وترافق ذلك مع زيادة فى خفض شدة الإصابة. كذلك أدت معاملة الخبث إلى زيادة سمك قشرة الثمرة ومحتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة (Preston وآخرون ٢٠٢١).

التغلب على شد البرودة بالمعاملة بأكسيد النيتريك

أدت معاملة بادرات الكنتالوب بالـ sodium nitropruside — وهو منتج لأكسيد النيتريك NO — تحت ظروف شد البرودة إلى تحسين نمو البادرات، والتغلب على أضرار شد البرودة بزيادة مستويات الكلوروفيل والمواد الصلبة الذائبة، وزيادة نشاط إنزيم سكروز فوسفيت سنثيز. كما أدت المعاملة إلى تحفيز تعبير الجينات التى تُشفر للإنزيمات المضادة للأكسدة تحت ظروف شد البرودة؛ مما أدى إلى خفض تراكم العناصر المحبة للأكسدة (Diao وآخرون ٢٠٢٢).

معاملات تحسين المحصول وجودته

الرش بالبوترسين مع الحرارة العالية

من المعلوم أن المعاملة بالبوترسين putrescene تزيد من تحمل النباتات لحالات الشد البيئى. ولقد وُجد أن تعرض نباتات الكنتالوب لفترة محدودة من الشدِّ الحرارى كان له تأثير إيجابى على جودة الثمار؛ حيث أدى ذلك إلى زيادة محتوى الثمار من

السكريات الكلية، ومتعددات الأمين، وتضادية الأكسدة، وقللت من تواجد المركبات غير المرغوب فيها مثل النترات. ولقد تحسنت جودة الثمار بقدر أكبر بالجمع بين الشدّ الحرارى والرش الورقى بالبوترسين بتركيز ٥ مللى مول/لتر؛ حيث ازداد بالثمار قدرة تضادية الأكسدة ومحتواها من متعددات الأمين والأحماض الأمينية والعناصر المعدنية الهامة لصحة الإنسان، كما انخفض محتوى النترات بقدر أكبر (Piñero وآخرون ٢٠٢٠).

الخيـــار

تأثير شدة الإضاءة والفترة الضوئية على جودة الشتلات

دُرس تأثير طول الفترة الضوئية وشدة الإضاءة من لمبات اللِد البيضاء لمدة ٢١ يومًا — فى ظروف نمو متحكم فيها — على جودة شتلات الخيار؛ حيث عُرِّضت النباتات لستة توافقات من معاملات الـ photosynthetic photon flux density (اختصارًا: PPFD) والفترة الضوئية (التى تراوحت بين ٧ ساعات، و٢٢ ساعة)، وذلك عند نفس الـ daily light integral (اختصارًا: DLI). ولقد أظهرت النتائج أن طول النبات، وطول السويقة الجنينية السفلى، والمساحة الورقية الخاصة للبادرات انخفض تربيعيًّا بزيادة الفترة الضوئية. وعمومًا ازداد محتوى الصبغات والوزنين الطازج والجاف للشتلات مع زيادة الفترة الضوئية من ٧ ساعات إلى ١٦ ساعة، لكن لم يكن لزيادة الفترة الضوئية بعد ذلك حتى ٢٢ ساعة تأثيرًا على الوزنين الطازج والجاف للنمو الخضرى والجذرى. وصاحبت زيادة الفترة الضوئية حتى ١٦ ساعة زيادة فى محتوى الأوراق من السكروز (٥٠,٦٪) والنشا (٣٢,٣٪). كذلك أدت الفترة الضوئية الطويلة إلى زيادة محتوى السيليلوز بالشتلات؛ مما وفر لها دعمًا ميكانيكيًّا (Yan وآخرون ٢٠٢١).

التطعيم

أدى تطعيم الخيار على أصل القرع العسلى Ribenjingtiantaimu الكفء نسبيًّا فى امتصاص النيتروجين إلى تمكين النباتات من الاستعمال الأفضل للجذور، وتحفيز

امتصاص النيتروجين وأيض النيتروجين؛ ومن ثم تحفيز النمو وكفاءة استخدام النيتروجين؛ الأمر الذى يسمح بزيادة المحصول فى ظروف انخفاض التسميد بالنيتروجين. هذا مع العلم بأن زيادة التسميد بالنيتروجين يقلل من كفاءة استخدام العنصر، وتزيد من فاقد السماد، وإلى زيادة التملح (Liang وآخرون ٢٠٢١).

إضافة الفيرميكمبوست لحقل الزراعة

ثم تحضير الفيرميكمبوست بخلط مسحوق الدم بنسبة ٥٪ أو ١٠٪ مع نشارة الخشب والسماح للمخلوط بالمرور فى دودة الأرض earthworm لمدة ٤ شهور، وهى العملية التى خفَّضت كلاًّ من نسبة المادة العضوية (من ٢٢,٥٪ إلى ٤١,٢٪)، ونسبة الكربون إلى النيتروجين (من ٤٢,٢٪ إلى ٥٧,٨٪)، مع زيادة فى التوصيل الكهربائى (من ١٨,٢٪ إلى ٩٤,٧٪) والمحتوى النيتروجينى الكلى (من ٤٥,٢٪ إلى ٧١,٨٪)، وكان محتوى هذا الفيرميكمبوست أعلى فى مختلف العناصر المعدنية. وقد أدت المعاملة بفيرميكمبوست نشارة الخشب مع ٥٪ من مسحوق الدم للخيار إلى زيادة محتوى الأوراق من كل من النيتروجين والفوسفور والحديد والزنك والنحاس، مع تحسين فى النمو النباتى (Najjari & Ghasemi ٢٠١٨).

إمكانية خفض معدل الرى

فى دراسة عن تأثير الرى بمعدل ١٠٠٪، و٨٠٪، و٦٠٪، و٤٠٪ من النتح التبخرى لصنفى الخيار Poinsett 76، و Marketmore 76، لم يكن لمعدل الرى أى تأثير جوهرى على كفاءة استخدام المياه water use efficiency على الرغم من أنها كانت أعلى رقميًّا فى معاملة ١٠٠٪ نتح تبخرى، تلتها معاملة ٨٠٪، ثم ٦٠٪، ثم ٤٠٪، وكان الترتيب بالعكس بالنسبة لاستنفاذ ماء التربة. هذا إلاّ إن معاملات معدل الرى أثَّرت جوهريًّا على كلٍّ من صفتى كثافة أطوال الجذور root length density وكثافة مساحة سطح الجذور root surface aera density، حيث لم تختلفا جوهريًّا بين معاملة ١٠٠٪ نتح تبخرى، و٨٠٪ فى السنة الثانية للدراسة، لكن معاملة الـ

١٠٠٪ كانت أعلى جوهريًّا عن معاملتى الـ ٦٠٪، والـ ٤٠٪ فى سنتى الدراسة. هذا ولم يختلف الصنفين جوهريًّا فى صفات كثافة أطوال الجذور، وكثافة مساحة سطح الجذور، واستنفاذ ماء التربة، والنتح التبخرى، لكن محصول الثمار كان أعلى فى Poinsett 76 عما فى Marketmore 76؛ مما جعل كفاءة استخدام المياه أعلى فى Poinsett 76. ويستفاد مما تقدم إمكانية خفض معدل رى الخيار إلى ٨٠٪ من النتح التبخرى (Parkash وآخرون ٢٠٢١).

التسميد

تأثير العناصر الكبرى

دُرس تأثير حذف مختلف العناصر الكبرى — منفردة — من محلول هوجلند وأرنون المغذى على نمو نباتات الخيار، وكانت النتائج، كما يلى:

العنصر الذى تم حذفه	الفقد فى الوزن الجاف للنمو الخضرى (٪)	تراكم العنصر فى النموات الهوائية فى حالة التسميد الكامل/مقارنة بالحذف
النيتروجين	٨٣	٧٥/١٠٥٨
الفوسفور	٤٧	٢٠/١٥٧
البوتاسيوم	٤٠	١٥٢/٩٥٨
الكالسيوم	٨٥	٩/٥٧٨
المغنيسيوم	٨٥	٥/١٤٧
الكبريت	٤٠	١٢/١٤٢

وكان ترتيب تأثير حذف تلك العناصر على إنتاج المادة الجافة بالنباتات، كما يلى:

$S = K < P < Mg = Ca = N$ (Campos وآخرون ٢٠٢١).

ولقد وُجد — مقارنة بمعاملة الكنترول التى تلقت معاملة تقليدية من الفوسفور — أن جميع معاملات التسميد بمستوى منخفض باعتدال، أو بمستوى شديد الانخفاض، أو بمستوى شديد الارتفاع خفضت جوهريًّا من الكتلة الحيوية ومحصول الخيار، وثبطت قدرة البناء الضوئى بالأوراق. وأدت معاملة النقص الشديد فى الفوسفور أو المستوى الزائد

باعتدال أو بشدة إلى إحداث زيادة فى إنتاج فوق أكسيد الأيدروجين والعناصر المحبة للأكسدة؛ مما تسبب فى ضرر تأكسدى جوهرى. كذلك تسببت معاملات الفوسفور المنخفض فى إحداث اضطراب فى أيض النيتروجين، وتسببت معاملات زيادة الفوسفور فى إحداث اضطراب فى أيض الكربون والنيتروجين بأوراق الخيار. ومقارنة بالكنترول، فإن محتوى معظم السكريات والأحماض الأمينية انخفض جوهريًّا فى معاملات الفوسفور المنخفضة، وخاصة فى حالة الانخفاض الشديد للفوسفور. وأدى نقص المغذيات إلى إحداث خفض كبير فى المحصول. وفى معاملات زيادة الفوسفور ازدادت معظم السكريات والأحماض الأمينية والأحماض العضوية بالأوراق، وراكمت النباتات السكريات والأحماض الأمينية لمواكبة الانخفاض فى الشدِّ الأسموزى فى التربة؛ مما أدى إلى حدوث تراكم كبير فى الكربون والنيتروجين بالأوراق عوضًا عن تخصيصها للمحصول (Wang وآخرون ٢٠٢٢).

تعرف نقص المغنيسيوم

عندما دُرس تركيز الكلوروفيل فى مختلف أجزاء نصل ورقة الخيار (باستعمال hyperspectral images تعتمد على الضوء المنظور visible والقريب من الأشعة تحت الحمراء near infared) فى ظل توفر أو نقص التسميد بالمغنيسيوم، كان توزيع الكلوروفيل بالنصل غير متجانس فى حالة نقص المغنيسيوم، وكانت قيمة الإنحراف القياسى لتركيز الكلوروفيل بكل الورقة دليلاً للتعرف على نقص عنصر المغنيسيوم (Shi وآخرون ٢٠١٩).

تأثير العناصر غير الأساسية

أدى رش نباتات الخيار (صنف Jinyou 315) بالسيليكون (بتركيز ١ مللى مول)، وبالسيلينيم (بتركيز ٠,٠٢٥ مللى مول) منفردين أو مجتمعين إلى تحفيز البناء الضوئى، والمحصول، وإلى زيادة محتوى العنصرين، مع تراكم للسكريات الذائبة والأحماض الأمينية بالثمار. أدى السيلينيم إلى زيادة تراكم الأحماض العضوية الكلية بزيادة

مستويات حامض الستريك والماليك والأوكساليك. أما السيليكون فقد أدى إلى زيادة تركيز حامض الأسكوربك بالثمار، وأدى السيلينيم إلى زيادة تركيز الفينولات الكلية والفلافونويدات وإلى خفض تراكم النترات بالثمار (Hu وآخرون ٢٠٢٢).

دور الهرمونات فى العقد البكرى

وُجد أن صنف الخيار DDX الذى تعقد ثماره بكريًّا يزيد فيه محتوى السيتوكينين وحامض الجبريلك عما فى الصنف ZK الذى لا يعقد بكريًّا، بينما ينخفض فيه محتوى حامض الأبسيسك بالأزهار، وذلك بعد يوم من تفتحها. وأدت المعاملة بالسيتوكينينات والأكسين وحامض الجبريلك ٤+٧ إلى حث العقد البكرى للثمار فى الصنف ZK. وقد كان مستوى فعل جينات تمثيل السيتوكينين وجينات الاستجابة للسيتوكينين وجينات الأوكسين أعلى فى الصنف DDX الذى يعقد بكريًّا عما فى الصنف ZK الذى لا يعقد بكريًّا (Su وآخرون ٢٠٢١).

معاملات التغلب على عوامل الشدِّ البيئى

قلوية التربة

وُجد أن تطعيم الخيار على أصل *Cucurbita moschata* قلل من التأثيرات الضارة لقلوية التربة على امتصاص العناصر؛ حيث ازداد بالمعاملة امتصاص عناصر البوتاسيوم والحديد والمنجنيز والمغنيسيوم (Roosta & Bikdeloo ٢٠٢٢).

شد العناصر الثقيلة

أدت معاملة نباتات الخيار بالسيلينيم بتركيز ٦ مجم/لتر إلى التغلب على التأثيرات السلبية لشدِّ العناصر الثقيلة بتركيز ٢٠، و ٢٥ ميكرومول من الكادميم، أو بتركيز ٦٠ و١٠٠ ميكرومول من الرصاص؛ حيث حسَّنت معاملة السيلينيم من دلائل الإزهار والمحصول الكلى؛ فكان الإزهار أبكر وازدادت نسبة الأزهار المؤنثة إلى المذكرة، وعدد الثمار وطولها وقطرها ومتوسط وزن الثمرة (Shekari وآخرون ٢٠١٩).

ولقد أدى نقص أو زيادة الحديد فى المزارع المائية للخيار إلى خفض النمو وتراكم الكتلة البيولوجية، وحث حالة الإصفرار chlorosis، والشدِّ التأكسدى، وتقليل المحتوى الكلوروفيللى، ومعدل البناء الضوئى، ومعدل النتح بالأوراق. وكانت التأثيرات السلبية لنقص الحديد أكثر وضوحًا عن تأثيرات زيادة العنصر. ولقد أحدثت المعاملة بالميلاتونين melatonin (وهو: N-acetyl-5-methoxytryptamine) زيادة فى محتوى الميلاتونين الداخلى وخفضًا فى التسرب الأيونى، وفى تراكم العناصر المحبة للأكسدة والـ lipid peroxidation، بتحسين نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة والإنزيمات الثانوية المرتبطة بالأيض، وتركيز الفينولات والفلافونويدات فى ظروف نقص وزيادة الحديد بعد المعاملة بالميلاتونين. وأوضح تحليل محتوى الحديد فى الأوراق والجذور أن الميلاتونين أدى إلى زيادة محتوى الحديد فى ظروف نقص العنصر، وإلى نقص محتوى العنصر فى ظروف زيادته. وتبين أن الميلاتونين يلعب دورًا مزدوجًا فى امتصاص العنصر فى ظروف نقصه أو زيادته (Ahammed وآخرون ٢٠٢٠).

كما وُجد أن تطعيم الخيار على أصل قرع عسلى (*Cucurbita* × *Duchesne moschata*) وفر حماية للنباتات ومكنها من النمو فى بيئة ملوثة بالكروم (Bernardi وآخرون ٢٠٢٢).

شدِّ الحرارة المنخفضة

أحدثت الحرارة المنخفضة (٧/١١ مْ: نهار/ليل) زيادة فى تراكم أكسيد النيتريك NO فى بادرات الخيار؛ مما تسبب فى حدوث أضرار جوهرية لعملية البناء الضوئى بالأوراق، كما وضَحَ من الانخفاض فى صافى معدل البناء الضوئى، وتوصيل الثغور، والمحتوى الكلوروفيللى وغيرها من عمليات البناء الضوئى الحيوية، فضلاً عن حدوث زيادة فى تركيز ثانى أكسيد الكربون بين الخلايا. هذا إلاّ إن المعاملة بالـ sodium nitroprusside – الذى يُطلق NO– تغلبت على التأثيرات السلبية للحرارة المنخفضة؛ حيث أدت إلى زيادة محتوى النشا والسكروز والجلوكوز والفراكتوز والسكر الذائب

والسكر المختزل وتأثيرات أخرى حيوية كثيرة. وبدا أن أيون الكالسيوم أسهم فى تحمل البرودة الذى أحدثته المعاملة بالـ NO بتعديل التبادل الغازى بالأوراق، وأيض الكربوهيدرات، وتعبير الجينات ذات الصلة بتمثيل الكلوروفيل (Zhang وآخرون ٢٠٢٠).

ولقد أدى رى نباتات الخيار بمحلول ميلاتونين بتركيز ٢٥ ميكرومول قبل تعريضها إلى شدِّ برودة .. أدى ذلك إلى الحد من حالة تثبيط البناء الضوئى photoinhibition — التى أحدثتها حالة شد البرودة — وذلك بتنظيم المعاملة لدورة Calvin-Benson (Zhao وآخرون ٢٠٢٢).

شدِّ الملوحة

أدى تعريض الخيار لشدِّ الملوحة إلى زيادة فى عدد حبيبات النشا بالبلاستيدات الخضراء ومحتوى النشا بالأوراق؛ مما أدى إلى تدمير أعضاء البناء الضوئى وضعف البناء الضوئى. هذا.. إلاّ إن المعاملة بالبوترسين قللت من عدد حبيبات النشا ووفرت حماية لأعضاء البناء الضوئى؛ ومن ثم أدت إلى زيادة البناء الضوئى. ومن جهة أخرى فإن معاملة البوترسين قللت من نشاط الـ AGPase، وزادت من نشاط الـ β-amylase؛ مما حدَّ من تراكم النشا بالأوراق. وتزيد المعاملة بالبوترسين من مستويات البولى أمينات (Shen ٢٠١٩).

إن الهرمون الطبيعى 5-aminolevulinic acid (اختصارًا: ALA) يُحفز النمو النباتى. ولقد وُجد أن نمو بادرات الخيار يُثبِّط جوهريًّا بشدِّ الملوحة (٥٠ مللى مول/لتر كلوريد صوديوم)، وتسبب الملوحة فى تراكم فوق أكسيد الأيدروجين والـ malonaldehyde والـ dehydroascorbic acid، والجلوتاثيون المؤكسَد بالأوراق. هذا.. إلاّ إن المعاملة بالـ ALA بتركيز ٢٥ مجم/لتر عكست التأثير السلبى لكلوريد الصوديوم على نمو بادرات الخيار بزيادة الكتلة البيولوجية للنمو الخضرى والجذور. كذلك أدت المعاملة بالـ ALA إلى زيادة محتوى حامض الأسكوربك والجلوتاثيون المؤكسَد فى ظروف الملوحة المعتدلة. كذلك تحسَّنت نِسب مضادات الأكسدة المختزلة إلى

المؤكسدة – مثل: حامض الأسكوربك إلى ديهيدروكسى حامض الأسكوربك، والـ GSH – فى البادرات فى ظروف شدِّ الملوحة. وأيضًا حسَّنت المعاملة بالـ ALA من نشاط الإنزيمات الداخلة فى دورة AsH/GSH، والتى كان منها: أسكوربك آسد أوكسيديز، وأسكوربيت بيروكسيديز، و monodehydroascorbic acid reductase، و dehydroascorbic acid reductase، وجلوتاثيون رِكتيز (Wu وآخرون ٢٠١٩).

وقد وُجد أن كلاً من كلوريد الصوديوم بتركيز ٥٠ مللى مول، وحامض السلسيلك بتركيز ٠٫٣ مللى مول – منفردين – خفضًا بشدة معدل النمو النسبى للخيار، ودلائل البناء الضوئى بالأوراق، وكذلك الطول الكلى للجذور ومساحتها السطحية وعدد الجذور الأولية والثانوية وطولها الكلى. هذا إلاّ إن المعاملة بحامض السلسيلك – فى ظروف شدِّ الملوحة ساعدت فى التغلب على شدِّ الملوحة بتحفيز البناء الضوئى بالأوراق، والنمو النباتى، ودلائل النمو الجذرى فى البادرات، ومستويات تشفير الجينات المتحكمة فى دلائل النمو الجذرى فى النباتات المعرضة لشدِّ الملوحة (Miao وآخرون ٢٠٢٠).

هذا.. ويُعد الميلاتونين melatonin (وهو: N-acetyl-5-methoxytryptamine) من المركبات الهامة فى النباتات التى تنظم النمو والتطور، كما يستجيب للشدِّ غير البيولوجى. ولقد وُجد أن المعاملة بالميلاتونين فى ظروف شدِّ الملوحة يمكن أن يُحسِّن حيوية الخلايا، ويحمى البناء الضوئى، وزيادة نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة، وتقليل محتوى الـ malondialdehyde، مقارنة بما يحدث فى حالة شدِّ الملوحة منفردًا. وقد أحدثت المعاملة بالميلاتونين زيادة جوهرية فى تعبير الجين المضاد للأكسدة المنتج للإنزيم nicorinamide dinucleotide phosphate oxidase، وجينات الـ mitogen activated protein kinase، وجينات الـ salt overly senseitive فى ظروف شدِّ الملوحة (Zhang وآخرون ٢٠٢٠).

وأحدث تعريض بادرات الخيار لشدِّ ملحى لمدة ٧ أيام نقصًا جوهريًّا فى ارتفاع النبات، والوزنين الرطب والجاف للبادرات. ولقد أمكن التغلب بكفاءة على تثبيط النمو المستحث بفعل الملوحة برش البادرات بالجلوكوز بتركيز ١٠٠ مللى مول/لتر. ولقد أدت

المعاملة بالجلوكوز إلى خفض محتوى الـ malondialdehyde، وإلى التحكم فى التراكم الزائد للعناصر المحبة للأكسدة، كما أدت إلى زيادة فى نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة، مثل السوبر أوكسيد ديسميوتيز، والبيروكسيديز، والكاتاليز، والأسكوربيت بيروكسيديز، ونظمت التعبير الجينى الذى يُشفر لتلك الإنزيمات، وهى التى قللت من ضرر الأكسدة المستحث بفعل شدِّ الملوحة. ولقد أحدث شدِّ الملوحة نقصًا جوهريًّا فى أيون النترات، لكن مع زيادة جوهرية فى أيون الأمونيوم. ومع ذلك فقد أحدثت معاملة الجلوكوز زيادة جوهرية فى نشاط إنزيمى nitrate reductase، و nitrite reductase فى أوراق الخيار المعرضة لشدِّ الملوحة، وترافق ذلك مع تعديل التعبير الجينى للإنزيمات المفتاحية فى أيض النيتروجين، ومن ثم حفَّزت تحول النيتروجين الأمونيومى إلى أحماض أمينية وبروتينات (Ma وآخرون ٢٠٢٠).

ومن المعروف أن الـ strigolactones (اختصارًا: SLs) تلعب دورًا حاسمًا فى نمو وتطور النباتات، وأثناء استجابتها لعديد من عوامل الشد الحيوى والبيئى. وقد وُجد أن معاملة نباتات الخيار بالـ GR24 — وهو نظير للـ SLs — قبل تعريضها لشدٍّ ملحىٍّ.. أدى إلى زيادة المحتوى الكلوروفيلى، وتوصيل الثغور، مع زيادة فى كفاءة البناء الضوئى، والحدِّ من الـ photodamage، وتحفيز فى دورة الـ ascorbate-glutathione، ومنع الزيادة فى العناصر المحبة للأكسدة؛ وبذا.. أدت المعاملة إلى الحدِّ من الشدِّ التأكسدى الذى يحدث جراء التعرض للملوحة (Zhang وآخرون ٢٠٢٢).

هذا.. ولم يكن للمعاملة بأى من السيليكون أو بستة أنواع من بكتيريا المحيط الجذرى المحفِّزة للنمو من *Bacillus* spp. أى تأثير إيجابى على الخيار النامى فى مزرعة مائية فى غياب أى شدٍّ ملحى. أما تحت ظروف الشد الملحى فإن المعاملة بالسيليكون خفَّضت من محتوى النمو الخضرى من كلٍّ من الكلورين والكالسيوم، بينما خفَّضت المعاملة بالبكتيريا من تركيز البوتاسيوم. ووُجد أن المعاملة بالسيليكون حسَّنت من التغلب على شدِّ الملوحة ومن خصائص النمو خلال المراحل المبكرة من نمو الخيار. كذلك أظهرت معاملة البذور بالـ *Bacillus* spp. — قبل زراعتها — من النمو النباتى

وبعض خصائص النمو فى ظروف الشدِّ الملحى، وإن لم تكن بنفس درجة تأثير معاملة السيليكون (Kaloterakis وآخرون ٢٠٢١).

محفزات النمو البيولوجية

لم تؤثر معاملة نباتات الخيار بالبكتيريا *Pseudomonas putida* (السلالة P3-57) جوهريًّا على المحصول، ولكن عندما خُفِّضت كمية سماد الـ NPK المستعملة إلى ٧٠٪ فقط، فإن المعاملة بالبكتيريا حسَّنت من جودة الثمار بتحسين درجة قبولها فى اختبارات التذوق، وتحسين مذاقها وطعمها، وانخفاض فى محتواها من كلٍّ من النترات والزنك والمغنيسيوم والموليبدنم والاسترونشيم strontium والباريم والليثيم، كما رفعت من محتوى الثمار من البروتين ومن نشاط الكاتاليز، وذلك مقارنة بثمار النباتات التى أُعطيت سماد NPK كاملاً وبدون معاملة بالبكتيريا. ولقد حفَّزت البكتيريا النظام المناعى من خلال مسارات الـ ISR، والـ SAR (Kafi وآخرون ٢٠٢١).

ولقد أمكن عزل ثلاثة أنواع بكتيرية من المحيط الجذرى للخيار، هى: *Bacillus velezenis* (السلالة SX13)، و *Bacillus paralicheniformis* (السلالة SX21)، و *Bacillus tequilensis* (السلالة SX31)، وجميعها يمكنها إذابة الفوسفور العضوى وغير العضوى، كما يمكنها — باستثناء السلالة SX31– إنتاج إندول حامض الخليك. وبعد تلقيح نباتات الخيار بكلٍّ من تلك السلالات منفردة أظهرت النباتات تحسنًا فى هيكل المجموع الجذرى، وفى دلائل البناء الضوئى، وازداد معدل النمو، وتراكمت كتلة بيولوجية أكبر، مقارنة بنباتات الكنترول. وكان أكبر نمو للبادرات عندما كانت المعاملة بالسلالة SX13. ولقد أظهرت النباتات التى عُومِلت بالسلالة SX13، ما يلى:

١– تحسنًا فى امتصاص العناصر وانتقالها إلى النمو الخضرى جراء حدوث تحسن فى بناء المجموع الجذرى.

٢– أدى ذلك إلى تحفيز البناء الضوئى ونشاط الإنزيمات ذات العلاقة بأيض الكربون وأيض النيتروجين.

٣- ازدادت فى الأوراق مستويات الجلوكوز والفراكتوز والبروتينات الذائبة والأحماض الأمينية.

٤- ونتيجة لكل ذلك ازدادت جوهريًّا جودة الثمار والمحصول، وكان التلقيح بجرعة ٢×١٠^١١ إلى ٣×١٠^١١ وحدة مكونة للمستعمرات من السلالة SX13 من البكتيريا *B. velezenis* أفضل من التلقيح بجرعة ٥ × ١٠^١٠ وحدة مكونة للمستعمرات (Wang وآخرون ٢٠٢٢).

وتُعد البكتيريا التى تعيش داخل النباتات endophytic bacteria واسعة الإنتشار فى معظم الأنواع النباتية، وهى تستعمر الأنسجة النباتية جهازيًّا وبنشاط. وقد يكون هذا الاستعمار المستمر فى النبات حاسمًا للنمو النباتى والمحصول وفى تثبيط الإصابات المرضية. وقد دُرس الدور الذى يلعبه نوعان من تلك البكتيريا، هما: السلالة CB36/1 من .*Ochrobacterium* spp والسلالة CC37/2 من *Pantoea agglomerans* ومراقبة تواجدهما لمدة ٦٢ يومًا بعد التلقيح بهما، وتبين بقاء كلا النوعين فى النسيج النباتى طوال فترة الدراسة، لكن كثافة تواجدهما انخفضت من ١٠^٥ إلى ١٠^٣ وحدة مكونة للمستعمرات CFU مع تقدم عمر النبات. وكان للبكتيريا تأثيرات جوهرية على طول الثمار ولونها وصلابتها، كما ازداد المحصول بنسبة ٢٢٪، و٢١٪ عند العدوى بسلالتى البكتيريا — على التوالى — دون أن يحدثا أى ضغط مرضى. وقد أدى التلقيح بالسلالة CC37/2 إلى تقليل الإصابة بتبقع الأوراق الزاوى بنسبة ٤١٪، مع زيادة المحصول بنسبة ٢٢٪ مقارنة بالعدوى بالبكتيريا المرضة وحدها (Akköprü وآخرون ٢٠٢١).

الكوسة

التغلب على عوامل الشدِّ البيئى

الملوحة

أدت معاملة بذور الكوسة الزوكينى بمستخلص أوراق شجرة السرو cypress وبحامض السلسيلك بالـ priming قبل التعريض للشدِّ الملحى إلى تحفيز نمو البادرات

وقدرتها على البناء الضوئى، وزيادة نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة (SOD، و CAT، و APX، و GPX، و GR، و DHAR) فيها، وكذلك أدت إلى زيادة محتواها من كلٍّ من حامض الأسكوربك، والجلوتاثيون، والبرولين، مقارنة بما حدث فى بادرات الكنترول التى عُرِّضت لشدِّ الملوحة ولم تعامل بذورها. كذلك أدى سبق معاملة البذور بمستخلص أوراق السرو وبحامض السلسيلك إلى خفض التأثيرات السلبية للشدِّ الملحى على استيعاب ثانى أكسيد الكربون وزاد جوهريًّا من نشاط الـ Rubisco. هذا.. وكان مستخلص أوراق السرو أكثر فاعلية فى إحداث كل تلك التأثيرات عن حامض السلسيلك فى كلٍّ من ظروف شدِّ الملوحة وعدم الشدِّ الملحى (El-Sayed وآخرون ٢٠٢٢).

العناصر الثقيلة

أدت إضافة بيوشار الكازورينا للتربة إلى خفض تيسر العناصر الثقيلة فيها، وخفض امتصاص نباتات الكوسة لها. وتحفيز نموها. وعندما أضيف بيوشار الكازورينا والمانجو والصفصاف Salix إلى التربة بمعدل ٢٪ ازداد الوزن الجاف للجذور والنمو الخضرى بنفس هذا الترتيب. ومقارنة بالتربة غير المعاملة، فإن إضافة بيوشار الكازورينا بمعدل ٤٪ خفَّض تركيز العناصر الثقيلة فى الجذور والسيقان — على التوالى — بالنسب التالية: Cd (٢٥,٧٪، و٣٧,٢٪)، و Co (٥٢,١٪، و٦٦,٩٪). و Cr (١٢,١٪، و٢٤,٣٪)، و Cu (٣٢,٣٪، و٤٠,٢٪)، و Ni (٣١,٠٪، و ٤٢,٠٪)، و Pb (٨٥,١٪، ٨٩,٢٪)، وZn (٢٥,٢٪، و٣٥,٥٪). كانت معاملة الكازورينا بمعدل ٤٪ الأكثر فاعلية فى خفض امتصاص العناصر الثقيلة فى كلٍّ من الجذور والنموات الخضرية، كما كانت الأكثر فاعلية فى خفض تيسر العناصر الثقيلة فى التربة. هذا.. وقد أحدثت جميع معاملات البيوشار زيادة جوهرية فى pH التربة وتوصيلها الكهربائى، وفى محتواها من المادة العضوية مقارنة بالتربة التى لم يُضف إليها البيوشار (Ibrahim وآخرون ٢٠٢٢).

أهمية الإنتاج العضوى

احتوت ثمار الكوسة المنتجة عضويًّا على أقوى نشاط مضاد للأكسدة وعلى أعلى

مستوى من الفينولات الكلية. ولقد تبين وجود تأثير مفيد لتقليل حراثة التربة واستخدام كتلة بيولوجية طازجة كملش على العشائر البكتيرية فى التربة؛ حيث ازدادت إلى ١,٥٦ × ١٠^٩ وحدة مكونة للمستعمرات CFU/جم من التربة الجافة (Bucki وآخرون ٢٠٢١).

القرع العسلى

إمكانية خفض معدل الرى بإضافة البيوشار للتربة

أدت إضافة البيوشار للتربة إلى زيادة مساميتها وقدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة، خاصة عندما كانت إضافته بمعدل ٢٠ طن/هكتار (٨,٤ طن/ فدان). وعندما زُرع القرع العسلى فى التربة المضاف لها البيوشار بالمعدل العالى (٨,٤ طن/فدان) ازداد المحتوى الكلوروفيللى وامتصاص العناصر المعدنية بالأوراق. وعندما خُفِّض الرى بمقدار ٦٠٪ فإن معاملة البيوشار للتربة حسَّنت من استجابة القرع العسلى لمعاملة البيوشار، وزادت من كفاءة استخدام المياه. وقد أدى خفض معدل الرى إلى زيادة نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة، ومحتوى الـ malondialdehyde، والشوارد المحبة للأكسدة، وفوق أكسيد الأيدروجين بأوراق القرع العسلى، بينما انخفض النشاط المضاد للأكسدة ومحتوى البرولين بأوراق النباتات المعاملة بالمعدل العالى من البيوشار (Langeroodi وآخرون ٢٠١٩).

استعمال معدن الـ wollastonite الغنى بالسيليكون فى الإنتاج العضوى

على الرغم من أن السيليكون لا يُعد من العناصر الضرورية للنبات، فإنه يمكن أن يفيدها. ويمكن للأنواع النباتية التى تُراكم السيليكون فى أنسجتها امتصاص السيليكون من التربة. ويمكن للسيليكون الممتص خفض قابلية النباتات للإصابة ببعض الأمراض الفطرية مثل البياض الدقيقى فى القرعيات. ويمكن زيادة مستوى السيليكون فى التربة بإضافة معدن الـ wollastonite وهو مُرَخَّص باستعماله فى الزراعة العضوية، وهو معدن

يُماثل الحجر الجيرى فى تأثيره على pH التربة؛ حيث يرفعه. وعند إضافة الـ wollastonite بمعدل ٣,١٣ طن/فدان، فإنه يؤدى لزيادة محتوى القرع العسلى من السيليكون. وعلى الرغم من أن تعديل pH التربة قد يتطلب إضافة معدل أعلى من المعدن، فإن ذلك لا يُفيد فى زيادة تركيز السيليكون فى النبات ولا فى زيادة الوقاية من البياض الدقيقى (Li وآخرون ٢٠٢٠).

التأثير السلبى للرى بالرش على التلقيح

تتميز نباتات القرع العسلى *C. maxima* بأن لأزهارها تويج على شكل كأس توجد بقاعدته الغدد الرحيقية التى تجذب لها النحل. وعند إجراء الرى بالرش فإن تلك الكؤوس تمتلئ بالماء؛ مما يجعل النحل يحوم حولها لكنه لا يستطيع جمع الرحيق منها أو ملامسة الأجزاء التناسلية للزهرة؛ ومن ثم لا يحدث تلقيح ولا تعقد الثمار. ويعنى ذلك أن الرى بالرش لا يناسب التلقيح الجيد فى القرع العسلى (Sinu وآخرون ٢٠١٩).

الفصل الرابع

الفراولـــة

فسيولوجى النمو والتطور

وُجد أن الفراولة دائمة الحمل تُستحث فيها حالة السكون بكل من النهار القصير والحرارة العالية، ويلزم لذلك التعرض لتلك الظروف لمدة عشرة أسابيع. وتستحِث الحرارة العالية سكونًا جزئيًّا فى النباتات التى تنمو فى نهار طويل. ويؤدى التعريض للبرودة إلى حالة توقف النمو الذى تستحثه ظروف النهار القصير والحرارة العالية. وتتشابه الأصناف الدائمة الحمل فى هذا الشأن مع الأصناف الموسمية الإزهار، من حيث تنظيم السكون بالتفاعل بين الحرارة والفترة الضوئية والبرودة. ولم تُصبح نباتات أى من الأصناف الدائمة الحمل أو الموسمية الإزهار ساكنة فى حرارة ٦ ْم أيًّا كانت الفترة الضوئية، بينما ازدادت حساسيتها للفترة الضوئية القصيرة التى تستحِث السكون فى كل من الحرارة المعتدلة والعالية. ولقد وُجدت فى كل الأصناف علاقة وثيقة بيتن التحكم فى الإزهار وتكوين المدادات والسكون (Rivero وآخرون ٢٠٢١).

الإضافات العضوية للتربة

أدت إضافة الفيرميكمبوست للتربة إلى تحسين إنتاج الكتلة البيولوجية للفراولة وارتفاع النبات ومساحة الورقة، وأيضًا إلى زيادة محصول الثمار، ومتوسط وزن الثمرة ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية وفيتامين ج. وقد أدت إضافة الفيرميكمبوست إلى زيادة محتوى الكلوروفيل ومعدل صافى البناء الضوئى، وأحدثت تحسنًا واضحًا فى نشاط السوبرأوكسيد ديسميوتيز، وخفَّضت من محتوى الـ malondialdehyde. كذلك وُجد تحسنًا جوهريًّا جراء المعاملة فى النشاط الإنزيمى لكائنات التربة الدقيقة، والسعة التبادلية الكاتيونية بها، ونشاط الجذور (Zuo وآخرون ٢٠١٨).

ولقد أظهرت دراسة مختبرية أن سبلة الدواجن الطازجة ثبطت نمو الفطريات:

Fusarium oxysporum، و .*Pestalotiopsis* spp، و *Phytophthora infestans*، و *Rhizoctonia solani*، ونيماتودا تعقد الجذور .*Meloidogyne* spp. وتحت ظروف الزراعة الحقلية أحدثت إضافة سبلة الدواجن الطازجة خفضًا جوهريًّا قدره ٧٨,٠٦٪ فى الإصابة بكلٍّ من .*Fusarium* spp، و .*Phytopthora* spp، مقارنة بخفض جوهرى قدره ٩٤,٨١٪ عندما كانت المعاملة بالكلوروبكرن. ولقد أدت معاملة السبلة إلى زيادة الكلوروفيل بالأوراق، وحفَّزت النمو مقارنة بالكنترول ومعاملة الكلوروبكرن، كما أدت المعاملة بالسبلة الطازجة إلى زيادة محتوى التربة من النيتروجين النتراتى، والفوسفور والبوتاسيوم الميسرين، والمادة العضوية، وخفَّضت pH التربة، وأدت إلى زيادة المحصول الصالح للتسويق بنسبة ٢١٪، وأدت كذلك إلى زيادة محتوى الثمار من السكر الذائب وحامض الأسكوربك بنسبة ١٤,٣٣٪، و٧٣,٤١، على التوالى، بينما أدت إلى إحداث خفض جوهرى فى الحموضة المعايرة؛ مما يعنى تحسنًا فى الطعم (Zhang وآخرون ٢٠٢١).

بسترة وتعقيم التربة

بسترة التربة بالتشميس والتحلل اللاهوائى للمواد العضوية

أدى تشميس التربة soil solarization فى حقل إنتاج الفراولة إلى إحداث خفض جوهرى فى إصابة جذورها بكل من: *Phytophthora fragariae* var. *fragariae*، و *P. fragariae* var. *rubi*.، و *Pythium* sp.، و *Rhizoctonia* sp.، و *Cylindrocarpon* sp.، ولم يُعط الجمع بين التشميس والمعاملة بالمبيد mefennoxan نتائج أفضل عن معاملة التشميس منفردة، وهى التى كانت — منفردة — أفضل من المعاملة بالـ mefemoxan منفردة (Pinkerton وآخرون ٢٠٠٢).

وأفاد التشميس البيولوجى biosolarization للتربة باستعمال سبلة دواجن طازجة بمعدل ١٢,٥ طن/هكتار (٥,٣ طن/فدان)، مع التشميس solarization لمدة ٣٠ يومًا فى تحقيق تبخير بيولوجى biofumigation للتربة أسهم فى تعقيم التربة فى الأجواء

الحارة، ومكافحة الفطر *Macrophomina phaseolina* مسبب مرض العفن الفحمى (Chamorro وآخرون ٢٠١٥).

كما أمكن عن طريق التحلل اللاهوائى لنخالة الأرز rice bran التى أضيفت إلى التربة بمعدل ٢٠ طن/هكتار (٨,٤ طن/فدان) تطهير التربة من *V. dahliae* وعدد من المسببات المرضية الأخرى، ولكن لم يكن لذلك تأثير على مكافحة الحشائش. وقد كان لحرارة التربة وظروف التحلل اللاهوائية أهميتهما الحاسمة فى تحقيق المكافحة للفطر *V. dahliae*. وأحدثت معاملة التحلل اللاهوائى مع نخالة الأرز تغيرات فى ميكروبات التربة دامت طوال موسم النمو. وكانت هذه المعاملة بديلاً ناجحًا لمعاملة تبخير التربة (Shennan وآخرون ٢٠١٨).

بروميد الميثايل

وُجد فى دراسة أُجريت على ١٥ صنفًا تجاريًّا من الفراولة، و ١٢ هجينًا بين *F. ananassa*، و *F. virginiana* أن حقول الفراولة غير المعقمة ببروميد الميثايل كانت — فى المتوسط — أقل من الحقول المعقمة بنسبة ٤٣٪ فى إنتاج المدادات، وكانت ثمارها أصغر حجمًا بنسبة ١٨٪، ومحصولها أقل بنسبة ٤٦٪، وكانت تيجانها أقل عددًا بنسبة ٢٧٪، وتلونت جذورها أكثر (جراء الإصابات المرضية) بنسبة ٤٩٪، وكانت أقل جوهريًا فى كثافة الجذور الدقيقة، وأظهرت أعراض الإصابة بالعفن الأسود بالجذور، وازدادت فيها الإصابة بكل من: *Pythium* sp.، و *Rhizoctonia* sp.، ونيماتودا تعقد الجذور *M. hapla*. هذا.. وقد كان تأثر هجن *V. virginiana* سلبيًّا بعدم تعقيم التربة أقل نسبيًّا من تأثر الأصناف الأخرى (Hancock وآخرون ٢٠٠١).

بدائل بروميد الميثايل

أعطت المعاملة بأى من الـ metam sodium، و 1,3-dichloropropene مع الكلوربكرن، وتشميس التربة مع استعمال البلاستيك الأسود نتائج جيدة كبديل للمعاملة ببروميد الميثايل (Rieger وآخرون ٢٠٠١).

ومن بين بدائل بروميد الميثايل التى ثبتت جدواها فى تعقيم حقول الفراولة، ما يلى:

- 1,3 dichloropropene + chloropicrin (65:35)
- emulsifiable chloropicrin + metham sodium
- iodide ethanedinitrile

هذا.. إلا إن إيجاد بدائل لأجل تعقيم مشاتل الفراولة كان أكثر صعوبة، خاصة وأن الحرارة المنخفضة أثناء المعاملة بالتبخير قل تقلل من كفاءة البدائل السائلة، وقد تتسبب فى سميتها للمحصول (Porter وآخرون ٢٠٠٤).

ولقد أعطى تعقيم مشاتل الفراولة ببدائل بروميد الميثايل مع الكلوروبكرن (وهى: (١) 1,3-D + كلوروبكرن ٣٠٠ كجم/هكتار، (٢) ميتام صوديوم metam sodium ٤٠٠–٥٠٠ كجم/هكتار + كلوروبكرن ١٥٠ — ٢٥٠ كجم/هكتار، (٣) كلوروبكرن فقط ٣٠٠ كجم/هكتار، (٤) دازومت dazomet ٤٠٠ كجم/هكتار) نتائج مماثلة لبروميد الميثايل مع الكلوروبكرن بمعدل ٤٠٠ كجم/هكتار فيما يتعلق بمكافحة الحشائش، إلاّ أن إنتاج المدادات فى المشاتل التى عُقِّمت بالبدائل تباين باختلاف سنوات الدراسة ومواقعها ومساحة التجربة ذاتها، بينما كان إنتاج المدادات عاليًا ومتجانسًا فى كل الظروف (Garcia-Méndez وآخرون ٢٠٠٨).

وأدى تبخير التربة بأى من بروميد الميثايل + كلوروبكرن (٥٠: ٥٠، حجم/حجم) بمعدل ٤٠٠ كجم/هكتار (١٦٨ كجم/فدان)، أو dimethyldisulfide + كلوروبكرن (٥٠:٥٠، حجم/حجم) بمعدل ٥٠٠ كجم/هكتار (٢١٠ كجم/فدان)، أو 1,3-dichloropropene + كلوروبكرن (٦٥: ٣٥، حجم/حجم) بمعدل ٣٠٠ كجم/ هكتار (١٢٦ كجم/فدان) إلى تحسين إنتاج الفراولة من المحصول المبكر والمحصول الكلى الصالح للتسويق؛ نتيجة لمكافحة المبيدات المستخدمة لفطريات ونيماتودا التربة المرضة؛ ومن ثم تحسين نمو نباتات الفراولة وتطورها وزيادة حجم نموها النباتى (López-Aranda وآخرون ٢٠٠٩).

وفى محاولة لاستعمال بدائل متنوعة للتعقيم.. لم تُعط أى من بدائل بروميد الميثايل التى قُيمت — باستثناء التعقيم بالبخار — والتى شملت وسائل مكافحة حيوية (بالفطر *Muscodor albus*)، وطبيعته (بكسب بذور المسترد)، وكيميائية (بالفورفورال furfural، وهو ألداهيد سائل)، وبالأسمدة، والمبيدات الفطرية (بالـ fludioxonil والـ mefenoxam والـ triophanate-methyl).. لم تُعط أى نتائج إيجابية يمكن الاعتماد عليها كبديل لبروميد الميثايل، وذلك باستثناء التعقيم بالبخار (Samtani وآخرون ٢٠١١).

إنتاج الشتلات

تداول مزارع الأنسجة

أدى تعريض المزارع الخضرية لأنسجة الفراولة shoot cultures (الـ plantlets) المخزنة على ٤ ْم لفترة ضوئية إلى تحسين قدرتها على البقاء (Reed ٢٠٠٢).

وقد دُرس تأثير الإضاءة من لمبات لِدٍّ LED تتباين فى نسبتى الضوء الأحمر والأزرق (٩٠٪ أحمر، و ١٠٪ أزرق — ٧٠٪ أحمر، و٣٠٪ أزرق — ٥٠٪ أحمر، و٥٠٪ أزرق — ٣٠٪ أحمر، و٣٠ أزرق)، ولمبات فلورسنتية (كنترول) على نمو القمم النامية المكبسلة encapsulated shoot tips للفراولة فى البيئة الصناعية in vitro، ونموها التالى فى كلٍّ من البيئة الصناعية وخارجها ex vitro. وكانت نسبة ٩٠٪ أحمر إلى ١٠٪ أزرق هى الأفضل للنمو فى البيئة الصناعية. وكانت نسبة ٧٠٪ أحمر إلى ٣٠٪ أزرق فعَّالة فى كلٍّ من البيئة الصناعية وخارجها. ومقارنة بالكنترول.. كانت كل معاملات ضوء الـ LED أفضل من الضوء الفلورسنتى فى كلٍّ من نسبة البقاء والكتلة البيولوجية للجذور والنمو الخضرى، وعدد الجذور وأطوالها، وعدد الأوراق ومساحتها، والمحتوى الكلوروفيلى (Hung وآخرون ٢٠١٥).

الشتلات ذات الصلايا plug transplants

إن من أهم مزايا استخدام شتلات الفراولة الـ plug — مقارنة بنباتات المدادات عارية الجذور — ما يلى:

١- يكون إنتاجها أسرع لأنه يكون فى ظروف يمكن التحكم فيها.

٢-تُسِّهِل على المزارع التحكم فى موعد الشتل.

٣- تكون أسهل فى الزراعة.

٤- تعطى نسبة نجاح عالية بعد شتلها.

٥- تكون إصاباتها المرضية والحشرية أقل.

٦- تقل احتياجاتها من الماء عند إنتاجها، وتمكن من زيادة التحكم فى إدارة عملية رى المشتل.

٧- يقل — تبعًا لذلك — فقد الأسمدة بالرشح عند إنتاجها.

٨- تمكن من الزراعة الآلية.

٩- تعطى إنتاج أكثر تبكيرًا وأكثر كمية.

١٠- تكون الثمار المنتجة منها أكبر حجمًا.

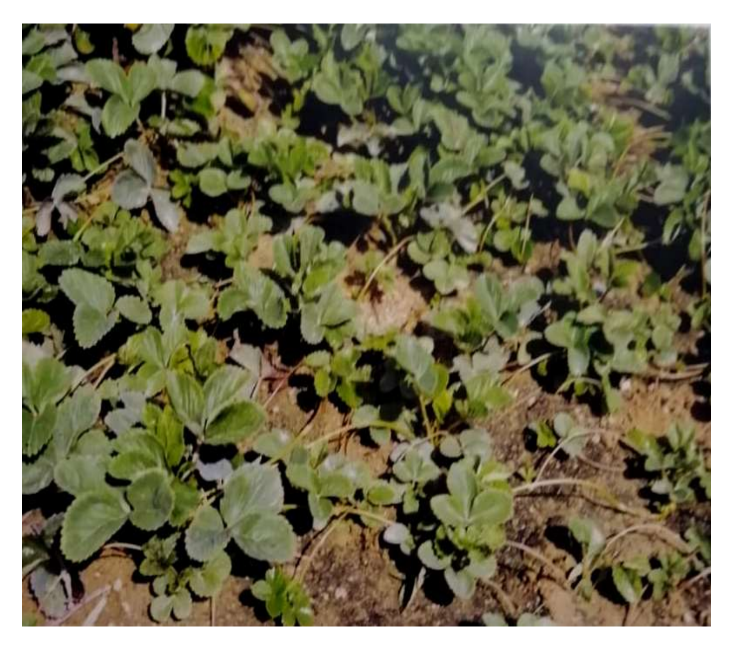
١١- بالتحكم فى الفترة الضوئية ودرجة الحرارة عند إنتاجها، فإن شتلات الـ plugs يمكن أن تكون أبكر إزهارًا عن الشتلات التقليدية.

١٢- تكون الشتلات التى تخزن مبردة أفضل من نظيراتها عارية الجذور التى تبقى فى مشاتلها الحقلية لحين تقليعها (Durner وآخرون ٢٠٠٢، و Menzel & Waite ٢٠٠٦، Hochmuth وآخرون ٢٠٠٦).

الإنتاج المبكر للشتلات

أُنتجت شتلات فراولة plug بنقل نباتات المدادات الحقلية قليلة الجذور (شكل ٤-١) إلى أصص سعة ١٥٠ سم٣ مملؤة بخليط من أجزاء متساوية بالحجم من البيت والفيرميكيوليت والبرليت. وأدى استعمال تلك الشتلات فى إنتاج الفراولة الفرِش إلى إعطاء نحو ٥٠٪ من المحصول خلال موسم التصدير الرئيسى من نوفمبر إلى فبراير،

مقارنة بإنتاج نحو ٣٥٪ من المحصول خلال الفترة ذاتها عندما استُعملت شتلات المدادات عارية الجذور فى الزراعة (Mohamed ٢٠٠٠).



شكل (٤-١): تكوين المدادات فى المشاتل الحقلية للفراولة.

تيجان الشتلات

أعطت الشتلات ذات التيجان كبيرة الحجم (< ١٠مم قطرًا) محصولاً مبكرًا أعلى بنسبة ٤٦٪ (٣,٥ طن/هكتار أو نحو ١,٥ طن/فدان) عما أعطته الشتلات ذات التيجان الأقل من ١٠ مم قطرًا، كما أعطت محصولاً كليًّا أعلى بنسبة ١٨٪ (٢٣,٥ طن/هكتار، أو نحو ١٠ طن/فدان) فى موسم النمو الأول، وأعلى بنسبة ٢٧٪ (١٧,٤ طن/هكتار، أو نحو ٧,٣ طن/فدان) فى موسم النمو الثانى (Torres-Quezada وآخرون ٢٠١٥).

تداول الشتلات

تقليم جذور الشتلات عارية الجذور

بينما يؤدى تقليم الجذور (شكل ٤-٢) فى شتلات الفراولة عارية الجذور (أى التى

ليست بصلايا مثلما الحال فى شتلات الـ plug) إلى تسهيل شتلها دون الحاجة إلى حشر كمية كبيرة من الجذور فى حفرة صغيرة للزراعة، فإن تلك العملية لا تؤثر على المحصول المبكر أو المحصول الكلى الصالح للتسويق أو على عدد الثمار المنتجة لا بالسلب ولا بالإيجاب (Duval & Golden ٢٠٠٢).



شكل (٤-٢): الجذور الكثيفة لشتلات الفراولة الحقلية.

المحافظة على الشتلات من الأضرار الميكانيكية

تؤدى المحافظة على شتلات الفراولة أثناء تقليعها من الإصابة بالأضرار الميكانيكية — التى تتمثل فى سحق أو كسر التيجان، وأعناق الأوراق، والأوراق — تؤدى إلى زيادة المحصول المبكر جوهريًّا؛ علمًا بأن التقليع الآلى للشتلات من المشتل يكون أكثر إضرارًا بالشتلات عما يحدثه التقليع اليدوى (Duval وآخرون ٢٠٠٣).

أغطية التربة

يُقلل استخدام غطاء التربة البلاستيكى الأسود عند إنتاج الفراولة من التأثيرات السلبية للشد الرطوبى على النمو النباتى ومحصول الثمار، خاصة فى المناطق شبه الجافة (Kirnak وآخرون ٢٠٠١).

وقد دُرس تأثير الضوء المنعكس من الغطاء البلاستيكى الأحمر للتربة فى حقول إنتاج الفراولة، ووُجد أن الثمار التى أكملت نضجها فى وجود هذا البلاستيك كانت أكبر حجمًا بنسبة حوالى ٢٠٪، وأعلى فى نسبة السكريات إلى الأحماض العضوية، وانبعثت منها تركيزات أعلى من المركبات الأروماتية المحببة. ويبدو أن الأشعة تحت الحمراء ونسبة الأشعة تحت الحمراء إلى الأشعة الحمراء فى الضوء المنعكس من الغطاء البلاستيكى الأحمر على سطح التربة تؤثر — من خلال نظام الفيتوكروم الطبيعى فى النباتات النامية — فى تحوير التعبير الجينى بما يكفى لإحداث زيادة فى حجم الثمار وتحسين تركيزات المركبات المسئولة عن الطعم والنكهة (Kasperbauer وآخرون ٢٠٠١، و Loughrin & Kasperbauer ٢٠٠٢).

كذلك دُرس تأثير ألوان مختلفة من أغطية التربة البلاستيكية (أحمر وأصفر وأخضر وأزرق وأبيض للمقارنة) على خصائص صفتا جودة الثمار فى زراعة ببيت محمىّ، وكانت النتائج، كما يلى:

١- لم تظهر فروق جوهرية فى متوسط وزن الثمرة بين المعاملات.

٢- ازداد محتوى السكر الكلى بنحو ١٠,٤٪، وانخفض محتوى الأحماض العضوية الكلى بنحو ١٦,٦٪ فى وجود الملش البلاستيكى الأزرق مقارنة بالأبيض.

٣- كانت ثمار معاملة الملش البلاستيكى الأزرق أعلى جوهريًا فى محتواها من السكر الكلى، وأقل جوهريًّا فى محتوى الأحماض العضوية عن ثمار معاملتى الملش البلاستيكى الأصفر والأخضر، والأعلى فى نسبة السكر الكلى/ الأحماض الكلية؛ حيث كانت ١١,٤٦.

٤- كان أعلى محتوى من المركبات النشطة بيولوجيًّا (الأنثوسيانين، والفلافونويدات، والفينولات) فى وجود الملش البلاستيكى الأحمر؛ حيث كان محتوى الثمار أعلى بنسبة ٢٣,١٪، و٢٥,٤٪، و٧٤,١٪ فى المركبات الثلاث — على التوالى — عما فى ثمار البلاستيك الأبيض.

٥- كانت القدرة على تضادية الأكسدة أعلى فى ثمار معاملة الملش البلاستيكى الأحمر.

٦- كانت ثمار معاملتى الملش الأحمر والأصفر الأعلى فى نشاط الإنزيمين sucrose phosphate synthase، و sucrose synthase عما فى ثمار معاملات الملش الأخضر والأزرق والأبيض، وذلك فى الثمار المكتملة التكوين.

٧- كان نشاط الإنزيم acid invertase عاليًا فى ثمار معاملة الملش البلاستيكى الأخضر، وتدهور نشاط الإنزيم أثناء نموها (Miao وآخرون ٢٠١٧).

وكما هو معلوم، فإن الملش البلاستيكى الأسود للتربة يستخدم فى إنتاج الفراولة شتاءً فى فلوريدا — وكذلك فى مصر — بسبب رفعه لحرارة التربة، إلاّ إن ذلك البلاستيك قد يزيد من الشدِّ الحرارى خلال فترة تثبيت النباتات فى التربة (establishment)، خاصة فى الزراعات المبكرة فى أواخر شهر سبتمبر، وهى التى تجرى لزيادة التبكير. ولذا.. تم تصميم ملش بلاستيكى أسود ممعدن metalized بشريط من وسطه مع أكتاف سوداء؛ لأجل تقليل الشد الحرارى خلال مرحلة تثبيت النباتات بعد الزراعة، بينما هو يُحافظ على تأثير التدفئة أثناء الشتاء. وبمقارنة استعمال البلاستيك الأسود بالبلاستيك المعدن كلية والبلاستيك المعدن بشريط فى منتصفه على صنفين يختلفان فى تحملهما للشدِّ الحرارى، وُجد أن البلاستيك المعدن كلية خفَّض حرارة التربة بعد الظهر فى منطقة نمو الجذور بمقدار ٣,١ ْم، مقارنة بما حدث مع البلاستيك الأسود، كما خفَّض فترة الشد الحرارى التى تزيد فيها حرارة منطقة نمو الجذور عن ٣٠ ْم بنحو ١١٩ ساعة خلال الفترة من أكتوبر إلى نوفمبر، لكن تدفئة التربة كانت واحدة خلال فصل الشتاء. وتراوحت زيادة المحصول عندما استُعمل البلاستيك المعدن بشريط فى منتصفه، مقارنة بالبلاستيك الأسود بنحو ١٩٪ إلى ٣٤٪ فى الفترة من نوفمبر إلى يناير، وبنحو ٦٪ إلى ٢٠٪ خلال الفترة من فبراير إلى مارس، وبنحو ١٢٪ إلى ٢٦٪ على امتداد موسم الحصاد، كما أدت هذه المعاملة — مقارنة

بمعاملة البلاستيك الأسود — إلى زيادة عدد الثمار دون التأثير على وزنها، وكانت هذه المعاملة أفضل من معاملة البلاستيك المعدن كلية (Deschamps & Agehara ٢٠١٩).

الإنتاج تحت الأنفاق البلاستيكية

أدى إنتاج الفراولة تحت الأنفاق البلاستيكية — سواء أكانت مُنفِّذة، أم غير منفذة للأشعة فوق البنفسجية — إلى رفع درجة الحرارة القصوى اليومية فى النفق قليلاً، وزيادة المحصول، وجودة الثمار الصالحة للتسويق (Anderson وآخرون ٢٠٢٠).

كذلك أدى إنتاج الفراولة تحت الأنفاق البلاستيكية المنخفضة — سواء أكانت منفذة، أم غير منفذة للأشعة فوق البنفسجية — إلى زيادة محصول الفراولة الكلى والصالح للتسويق فى بعض سنوات الدراسة، بينما كان تأثيرها على المفترسات المفيدة والمتطفلات والملقحات حيادى إلى إيجابى، وذلك مقارنة بالإنتاج فى الحقل المكشوف، إلاّ إن استعمال البلاستيك غير المنفذ للأشعة فوق البنفسجية نتج عنه سوء تلقيح للثمار مقارنة باستعمال البلاستيك المنفذ للأشعة فوق البنفسجية، وخاصة عندما كان التلقيح بالـ syrphid flies (Willden وآخرون ٢٠٢١).

وبالمقارنة.. فقد دُرس تأثير أغطية التربة البلاستيكية السوداء والبيضاء، وكذلك تأثير عدة أنواع من أغطية الأنفاق المنخفضة (شكل ٤-٣) على نمو وتطور ومحصول صنف الفراولة Albion فى شمال شرق الولايات المتحدة، وأظهرت النتائج عدم وجود أى زيادة جوهرية فى المحصول الصالح للتسويق عند الإنتاج تحت الأنفاق مقارنة بالإنتاج فى المصاطب المكشوفة، إلاّ إن متوسط وزن الثمرة تأثر بنوع غطاء النفق. ولقد أدى استعمال الغطاء البلاستيكى الأسود للتربة إلى إنتاج النباتات لعدد أكبر من المدادات عما فى حالة استعمال غطاء بلاستيكى أبيض للتربة أو عدم استعمال أى غطاء، وكان أعلى إنتاج من المدادات فى معاملة الغطاء البلاستيكى الأسود للتربة مع عدم إجراء الزراعة تحت أنفاق (Orde وآخرون ٢٠٢١).



شكل (٤-٣): إنتاج الفراولة الحقلية تحت الأنفاق المنخفضة مع استعمال غطاء بلاستيكى للتربة.

كثافة الزراعة

تؤدى زيادة كثافة زراعة الفراولة (من الزراعة على ٣٥ × ٢٥ سم بكثافة ٢١٣٠٠ نبات للفدان إلى ٣٠ × ٢٥ سم بكثافة ٢٤٩٠٠ نبات للفدان، ثم إلى ٢٥ × ٢٥ سم بكثافة ٢٩٨٠٠ نبات للفدان) إلى زيادة المحصول من وحدة المساحة (López-Medina وآخرون ٢٠٠١).

التسميد

تحليل العناصر بالنبات

وجد أن محصول ثمار الفراولة يرتبط جوهريًّا (r^2 = ٠,٩٨٢٧) مع محتوى الأوراق من العناصر، وكان محتوى الأوراق من البوتاسيوم الأكثر أهمية فى التنبؤ بالمحصول (r^2 = ٠,٩٨٥٣). أما المدى المناسب من مستوى العناصر بالأوراق، فكان كما يلى:

- العناصر الكبرى (٪): النيتروجين ٢,٧ -٣,٠٤، والفوسفور ٠,٢-٠,٣٨، والبوتاسيوم ١,٨٤-٢,٢١، والكالسيوم ٠,٧٧-١,٤٨، والمغنيسيوم ٠,٢٥-٠,٧.

• العناصر الصغرى (جزء فى المليون): البورون ١٢,٠ — ٢٥,٠، والمنجنيز ٤٥,٠ — ١٢١,٠، والزنك ١٥,٠ — ٣٣,٠، والحديد ٨٥,٠ — ١١٤,٠، والنحاس ٣,٠–٢٢,٥ (Almaliotis ٢٠٠٢).

وعلى خلاف الاعتقاد الشائع من أن أعناق الأوراق هى الأفضل للتحليل لأجل تعرف الحاجة للتسميد بالنيتروجين فى الفراولة، فقد أوضحت دراسة أن أنصال أحدث الأوراق اكتمالاً فى التكوين هى الأفضل للتحليل (Iatrou & papadopoulos ٢٠١٦).

أهمية الفوسفور

وُجد ارتباط جوهرى مُوجب بين محتوى ثمرة الفراولة من المواد الصلبة الذائبة الكلية ومحتواها من الفوسفور، وذلك فى الثمار المكتملة النضج. وُجد ذلك لدى تقييم ٢٤ صنفًا (r = ٠,٩٥)، ثم وُجد الارتباط لدى إجراء الحصاد فى تواريخ مختلفة (r = ٠,٩٦)، وبين أجزاء مختلفة (قمة ووسط وقاعدة) من الثمرة (٠,٨٧). ولقد أدت معاملة نباتات الفراولة بحامض الفوسفوريك بتركيز ٦,٠ مللى مول إلى زيادة محتوى الفوسفور بنسبة ٤٥,٠٪، وزيادة محتوى المواد الصلبة الذائبة الكلية بنسبة ١٦,٧٪. كذلك أدت المعاملة بحامض الفوسفوريك إلى زيادة معدل البناء الضوئى بنسبة ٢٨,٨٪، وزيادة كفاءة استخدام المياه بنسبة ١٦,١٪ (Cao وآخرون ٢٠١٥).

التسميد بالبورون والزنك

وُجد أن تسميد الفراولة بالبورون بمعدل ٢ كجم/هكتار (٠,٨٤ كجم/فدان) والزنك بمعدل ٣ كجم/هكتار (١,٢٦ كجم/فدان) أعطى أكبر عدد من الثمار/نبات (١٨,٥ ثمرة)، وأعلى محصول (١٤,١ طن/هكتار، أو نحو ٥,٩ طن/فدان)، مع أعلى محتوى من المواد الصلبة الذائبة (٧,٥٪)، وفيتامين ج (٧٢,٠ مجم/ ١٠٠ جم، وأعلى امتصاص للبورون (٠,٢٠٥ كجم/هكتار، أو نحو ٠,٠٨٦ كجم/فدان) وللزنك (٠,١٩٢ كجم للهكتار، أو نحو ٠,٠٨ كجم/فدان) (AbdulQuddus وآخرون ٢٠٢٢).

التسميد بالسيلينيم العضوى

أحدثت معاملة نباتات الفراولة بالسيلينيم العضوى selenomethionine التأثيرات التالية:

١- زيادة محتوى الثمار من السكريات الكلية والسكروز والجلوكوز والفراكتوز؛ بتحسين نشاط الإنفرتيز والسكروز سِنيثيز والسكروز فوسفيت سِينثيز، وخفض نشاط الهكسوكينيز.

٢- خفض واضح فى محتوى الأحماض الكلية، وحامض الستريك، وحامض الماليك؛ بخفض نشاط الإنزيمات: NAD-malic dehydrogenase، و NADP-malic enzyme، و citrate synthase.

٣- زيادة نسبة السكريات إلى الأحماض، وكانت المعاملة بتركيز ٦٠ مجم/لتر من الـ selenomethionine هى الأفضل فى هذا الشأن (Gao وآخرون ٢٠٢٢).

محفزات النمو

الكائنات الدقيقة

أعطى التسميد بكامل الكمية الموصى بها من النيتروجين مع التلقيح بالبكتيريا *Azotobacter* أفضل نمو، وأعلى محصول وجودة لثمار الفراولة على قدم المساواة مع التسميد الآزوتى الكامل مع التلقيح بالبكتيريا *Azospirillum* (Reddy & Goyal ٢٠٢١).

وأدى تلقيح نباتات الفراولة بالميكوريزا *Claroideoglomus etunicatum* مع ٩٪ بيوشار biochar فى بيئة الزراعة إلى تكوين نموًّا جذريًّا قويًّا. أما الميكوريزا *C. pellucida* فإنها أفادت النموات الهوائية والكتلة البيولوجية للجذور، وحسَّنت الميكوريزا — عمومًا — من صفات جودة الثمار الكيميائية (Chiomento وآخرون ٢٠٢١).

وعندما دُرس تأثير إضافة نسب مختلفة من سماد الماشية والفيرميكمبوست مع أنواع مختلفة من الأسمدة البيولوجية، وجد أن المعاملة بـ (١): ٥٠٪ سماد ماشية + ٥٠٪

فيرميكمبوست + *Pseudomonas* + *Azotobacter* كانت الأكثر كفاءة فى تحفيز النمو النباتى (ارتفاع النبات وانتشاره، والمساحة الورقية/نبات)، وفى حث الإزهار المبكر. أما المعاملة بـ (٢): ٥٠٪ سماد ماشية + ٥٠٪ فيرميكمبوست + *Pseudomonas*، فقد أعطت أعلى محصول/نبات وأعلى محصول/قطعة تجريبية. هذا.. إلاّ إن دلائل جودة الثمار (حامض الأسكوربك + السكر الكلى + المحتوى الفينولى الكلى + قدرة تضادية الأكسدة) كانت أعلى فى المعاملة (١)؛ وهى التى أعطت — كذلك — أعلى تيسر لعناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم فى التربة (Negi وآخرون ٢٠٢١).

المستخلصات النباتية

وُجد فى دراسة على إنتاج الفراولة العضوية فى صوبة غير مدفأة أن الرش الورقى بمستخلص عُشب البحر *Ascophyllum nodosum* وبالسيليكون أحدث زيادة جوهرية فى المحصول المبكر والمحصول الكلى وعدد الثمار الكلى مع انخفاض حوالى ٢٠٪ فى السكر ومحتوى أقل من الفينولات فى القطفة الأولى. وقد تميز المحصول المبكر بارتفاع محتوى ثماره من الأنثوسيانينات (Weber وآخرون ٢٠١٨).

كما وُجد بعد نمو نباتات الفراولة لمدة ٤٢ يومًا دونما إمدادات من الحديد، وظهور أعراض الاصفرار على أوراقها.. وُجد أن رشها بمستخلص نباتات نجيلية gramineous plants ثلاث مرات على فترات أسبوعية أعاد الاخضرار للأوراق الحديثة بعد رشتين فقط. هذا.. إلاّ إن الكتلة البيولوجية ونسبة الجذور إلى النمو الخضرى فى النباتات المعاملة لم تختلف عما فى النباتات التى مُنع عنها التسميد بالحديد دونما رش بالمستخلص النباتى (Saavedra وآخرون ٢٠٢٠).

الكاينتين والبنزييل أمينوبيورين

دُرس تأثير الرش بكلٍّ من الكاينتين kinetin، والبنزيل أمينوبيورين 6-benzylaminopurine (وهما سيتوكينينيات cytokinins) بعد يوم واحد، و٣، و٥،

و٧، و٩ أيام من التلقيح على جودة ثمار الفراولة (من النوع *F. vesca*)، ووجد أن المعاملة بهما أدت إلى:

١- زيادة وزن الثمرة ومحتواها من السكر الذائب بعد ٢٧-٣١ يومًا من التلقيح.

٢- زيادة تعبير الجينات المسئولة عن محتوى الأنثوسيانين وزيادة محتواه.

٣- وفى مرحلة الثمار الحمراء كان محتوى الثمار من الأنثوسيانين أعلى بمقدار ١,٥٩ مرة، وبمقدار ١,٤٥ مرة عند المعاملة بالكاينتين والبنزيل أمينوبيورين، على التوالى – مقارنة بالكنترول.

٤- زيادة فى محتوى مضادات الأكسدة: حامض الأسكوربك والفينولات الكلية.

٥- زيادة فى محتوى الميريستين myricetin، والكويرستين quercetin، والكامبفيرول Kaempferol (Dong وآخرون ٢٠٢٢).

وسائل التغلب على عوامل الشدِّ البيئى

شد البرودة والتجمد

أظهرت دراسة أجريت على الفراولة أن الحرارة المنخفضة وشد الجفاف هما مكونان مفتاحيان فى الأقلمة على البرودة؛ فالحرارة المنخفضة تُحدث دائمًا شدٌّ مائى فى النباتات. وبعد أسبوعين من التعرض لحرارة ١/٣ °م (نهار/ليل) انخفض الجهد المائى بالأوراق بوضوح إلى ١,٦ ميجاباسكال. وبينما يُسهم كلا المكونين (الحرارة المنخفضة وشد الجفاف) جوهريًّا فى حث تحمل التجمد، فإن الشدِّ المائى هو العامل السائد المستحِث لتحمل التجمد، حيث يُسهم بنحو ٥٦٪ من التحمل المُتحصِّل عليه بأقلمة البرودة. ولقد أدت أقلمة البرودة لمدة أسبوعين إلى زيادة القدرة على تحمل التجمد بما مقداره ١٤ °م إلى -٢٠,٧ °م، بينما لم تؤدِ نفس المعاملة – فى غياب الشد المائى – إلاّ إلى زيادة التحمل بما مقداره ٥ °م فقط؛ بما يعنى أهمية الشدِّ المائى الذى يحدث أثناء أقلمة البرودة (Rajashekar & Panda ٢٠١٤).

شد الحرارة

أدت معاملة نباتات الفراولة بغمس الجذور فى حامض الأبسيسك s-ABA بتركيز حوالى ١٠٠ ملليجرام/لتر قبل شتلها مباشرة إلى غلق عابر للثغور، وفر حماية لها من الشدِّ الحرارى، دون إحداثها لتأثيرات سلبية تذكر. كما أحدثت المعاملة زيادة فى كلٍّ من المحصول المبكر والكلى. كذلك وفَّرت معاملة الرش الورقى للشتلات بالكاولين بمعدل ٥٦ كجم/هكتار (٢٣,٥ كجم/فدان) إما مرة واحدة بعد الشتل مباشرة، أو مع رشة ثانية بعد أسبوع من الأولى.. وفَّرت لها حماية من الشدِّ الحرارى، وعملت على تحفيز البناء الضوئى، وزيادة المحصول المبكر والكلى الصالح للتسويق؛ هذا.. إلاّ إن المعاملة المزدوجة بالكاولين أحدثت زيادة أكبر فى المحصول المبكر؛ مما يجعلها أفضل من المعاملة المفردة (Dash وآخرون ٢٠٢٠).

شدِّ الجفاف

أدى رش نباتات فراولة معرضة لشدِّ جفافى (٥٠٪ من السعة الحقلية) بمحاليل مائية لإثنين من الجلوكوسيدات furostanol glycoside متأخرًا بعد الظهر كل ثلاثة أيام.. أدى إلى تقليص حجم الورقة، وإلى زيادة طول الجذور؛ مما أدى إلى إحداث زيادات جوهرية فى نسبة الجذور إلى النمو الخضرى. وقد تغلبت معاملتا الجلوكوسيد على شدِّ الجفاف وحسَّنتا من معدل البناء الضوئى وكفاءة استخدام المياه، وإلى زيادة كفاءة استقبال الإشعاع الشمسى (Gaulet وآخرون ٢٠١٤).

ولقد وُجد أن معاملة الفراولة بسيليكات البوتاسيوم بتركيز ١٠ مللى مول/لتر حفَّزت نمو وتطور النباتات، كما كان للمعاملة تأثير مفيد فى التغلب على أضرار شدِّ الجفاف (Dehghanipoodeh وآخرون ٢٠١٨).

شدِّ الملوحة

المعاملة بعناصر غير أساسية

أدت إضافة السيلينيم بتركيز ١ أو ٢ مللى مول لمزرعة فراولة فى شدِّ ملحى قدره ٢٠ أو ٤٠ مللى مول كلوريد صوديوم إلى التغلب على الآثار الضارة للملوحة على نمو

النباتات؛ وهو ما كان مرده إلى تحسين نسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم، وخفض فى محتوى الصوديوم والتسرب الأيونى بأنسجة الأوراق (Tabatabaei ٢٠١٦).

كما أدت إضافة السيليكون فى صورة سيليكات البوتاسيوم بطريق الرى فى مزرعة لا أرضية للفراولة — وذلك تحت ظروف شدٍّ ملحى قدره ٥٠ مللى مول كلوريد صوديوم — إلى التغلب على التأثيرات السلبية للملوحة على المادة الجافة، والمساحة الورقية، وطول الجذور وحجمها، والمحتوى المائى النسبى للأوراق ومحتوى الكلوروفيل، كما تغلبت المعاملة على ما أحدثته الملوحة من أضرار أكسدة، تمثل فى خفض دليل ثبات الأغشية الخلوية، وزيادة محتوى الـ malondialdehyde وفوق أكسيد الأيدروجين (Yaghubi وآخرون ٢٠١٦).

وأحدث تعريض نباتات الفراولة لشدٍّ ملحى قدره ٥٠ مللى مول كلوريد صوديوم تأثيرات سلبية على الـ phyllochron (المدة التى تمر على ظهور ورقتين متتابعتين)، والإزهار، وعقد الثمار، وإنتاج الثمار. كما أدت معاملة الشدِّ الملحى إلى الحدِّ من عدد الخلايا البرانشيمية وسمك الأوراق وسمك خلايا البشرة وسمك الميزوفيل؛ ومن ثم أدت إلى الحد من محتوى الكلوروفيل وكفاءة البناء الضوئى. هذا.. إلاّ إن المعاملة بنانو ثانى أكسيد السيليكون قبل الإزهار (بتركيز ٥٠ أو ١٠٠ مجم/لتر)، أو بعده (بتركيز ٥٠ مجم/لتر) أدت إلى تثبيط كل هذه التأثيرات السلبية للشدِّ الملحى (Avestan وآخرون ٢٠٢١).

المعاملة بحامض الهيوميك

أدى تعريض نباتات صنفين من الفراولة لشدٍّ ملحى قدره ٥٠ مللى مول كلوريد صوديوم إلى خفض كل صفات النمو الخضرى تقريبًا، وإلى تراكم الصوديوم بالنموات الخضرية والجذور، مع خفض فى محتوى البوتاسيوم. هذا.. بينما أدت المعاملة بحامض الهيوميك بتركيز ١٥٠ أو ٣٠٠ جزء فى المليون — مع التعريض لشدِّ الملوحة — إلى خفض تراكم الصوديوم وزيادة تراكم البوتاسيوم. وبينما أدى التعريض للشدِّ الملحى إلى زيادة

المساحة المتحللة بالأوراق، وفى نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة، ومحتوى فوق أكسيد الأيدروجين، وإلى زيادة أكسدة الدهون، وزيادة محتوى البرولين، والكربوهيدرات الكلية الذائبة، فإن إضافة حامض الهيوميك إلى المحلول المغذى أدت إلى التغلب على كل تلك الصفات، وإلى زيادة دليل تحمل الملوحة، كما أثَّرت الملوحة سلبيًّا على كل من محتوى الماء النسبى بالأوراق، ودليل ثبات الأغشية الخلوية، ومحتوى الكلوروفيل، والكتلة البيولوجية الكلية، والمحصول، لكن المعاملة بحامض الهيوميك أدت إلى التغلب على تلك التأثيرات السلبية للملوحة (Sadimoradi وآخرون ٢٠١٩).

المعاملة بحامض الأسيتيك

أحدث شد الملوحة (٤٠ مللى مول كلوريد صوديوم) خفضًا كبيرًا فى كلٍّ من الوزن الجاف للنمو الخضرى (حوالى ٨٠٪)، والمساحة الورقية (حوالى ٥٩٪)، ومحصول الثمار. وفى وجود شد الملوحة أمكن التغلب على التأثير السلبى للملوحة — إلى حدٍّ كبير — بالمعاملة بحامض الاسيتيك — فى المحلول المغذى — بتركيز ١ مللى مول (Mirfattahi & Eshghi ٢٠٢٠).

المعاملة ببكتيريا المحيط الجذرى

أحدثت المعاملة ببكتيريا المحيط الجذرى *Kocuria* E43، و *Alcaligenes* 637Ca، و *Pseudomonas* 5316 — أو خليط منها — فى ظروف شد ملوحة وقلوية التربة.. أحدثت تحفيزًا لافتًا فى وزن ثمرة الفراولة، وأعدادها، والمحصول، والمساحة الورقية، ومحتوى الأوراق من العناصر الدقيقة، وشدة اخضرارها (SPAD)، وتوصيل الثغور، ومحتوى البروتين والبرولين، ونشاط إنزيمات الكاتاليز، والسوبر أوكسيد ديسميوتيز، والأسكوربيت بيروكسيديز. وفى نفس الوقت أحدثت المعاملة خفضًا لافتًا فى محتوى الأوراق من الصوديوم، ونفاذية الأغشية الخلوية، ومحتوى فوق أكسيد الأيدروجين، والـ malondialdehyde (Arikan وآخرون ٢٠٢٠).

معاملات أخرى متنوعة

أدت معاملة التربة بالمركب المخلبى ethylenediamine-N,N' dissucinic acid (اختصارًا: EDDS بمعدل ١- ٣ مللى مول/كجم من التربة فى وجود مستويات عالية من الملوحة (٩ مللى مول كلوريد صوديوم/لتر إلى تحسين النمو الخضرى والثمرى والمحتوى الكلوروفيللى فى الفراولة (Aslantas وآخرون ٢٠١٧).

تؤدى المعاملة بالـ 5-aminolevunic acid (اختصارًا: ALA) إلى إحداث تحسين جوهرى فى تحمل النباتات للملوحة. وبينما أدت الملوحة إلى ضعف نمو الفراولة بشدة، فإن المعاملة بأى من ١٠ مجم/لتر من ALA، أو ١٠ ميكرومول من SNP (sodium nitroprusside وهو مُعطٍ لأكسيد النيتريك NO) أدت إلى الحد من أضرار الملوحة. وقد أدت المعاملة بالـ ALA إلى احتجاز الصوديوم بالجذور، ومنعت انتقاله إلى النمو الخضرى. وكان أكسيد النيتريك ضرورى لإحداث الـ ALA لتأثيره (He وآخرون ٢٠٢٢).

شدِّ العناصر الثقيلة

أحدث شدِّ زيادة تواجد الكادميم فى بيئة الزراعة تغييرات سلبية كبيرة فى نباتات الفراولة، كان منها خفض نشاط إنزيمات السوبر أوكسيد ديسميوتيز، والأسكوربيت بيروكسيديز، والكاتاليز، والإنزيم المسئول عن تمثيل الجلوتاثيون، وكذلك إحداث تدهور فى ارتفاع النبات والكتلة البيولوجية ومحصول الثمار وصفات الجودة، وزيادة فى نشاط الأسكوربيت أُوكسيديز، والجلوتاثيون رِدكتيز والإنزيم المسئول عن تمثيل حامض الأسكوربك ومحتوى الـ malondialdehyde وفوق أكسيد الأيدروجين ومحتوى الكادميم، مقارنة بالوضع فى نباتات الكنترول. ولقد أدت المعاملة بتركيزات منخفضة من السليكون (٥، أو ١٠ ميكرومول من Na_2SeO_3) إلى تحمل النباتات للكادميم بتنظيمها لقدراته المضادة للأكسدة وخفض تراكم الكادميم، وزيادة محصول الثمار وجودتها (Zhang وآخرون ٢٠٢٠).

وفى دراسة أخرى وُجد أن شدِّ الكادميم يؤدى إلى وقف نمو نباتات الفراولة، مع خفض فى الكتلة البيولوجية للشتلات، وفى محتوى الكلوروفيل، ونشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة: سوبر أوكسيد ديسميوتيز، وبيركسيديز، وكاتاليز، وأسكوربيت بيروكسيديز. ولقد أمكن التغلب على تلك التأثيرات السامة بالرش بالميلاتونين melatonin بتركيز ١٠٠ ميكرومول/لتر؛ حيث أدت المعاملة إلى إبطاء التأثير المثبط للكادميم على نمو البادرات، وأحدثت زيادات معنوية فى الكتلة البيولوجية للبادرات، وفى نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة ومستويات البروتين الذائب فى الأوراق والجذور. كذلك خفَّضت معاملة الميلاتونين من محتوى الـ malondialdehyde وتفاعلات شد الأكسدة، بينما زادت من محتوى الأنثوسيانين وأبطأت من سرعة الشيخوخة (Wu وآخرون ٢٠٢١).

المنشطات الحيوية وغير الحيوية

الكائنات الدقيقة

دُرس تأثير معاملة نباتات الفراولة بالسلالة CC1 من *Pedobcter* sp، والسلالة B106 من *Bacillus safensis*، والسلالة B167A من *Bacillus subtilis*، ووُجد ما يلى:

١- أحدثت المعاملة بأى من السلالات البكتيرية الثلاث تبكيرًا فى الإزهار بنحو أسبوعين.

٢- أثرت المعاملة بالسلالتين CC1، و B106 على مؤشرات التبادل الغازى.

٣- أدت المعاملة بالسلالة CC1 إلى زيادة محتوى الأوراق من كلٍّ من الفينولات والفلافونويدات، مع زيادة فى قطر الثمرة وطولها وتغير فى شكلها، وزيادة فى محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية.

ومن ثم اعتبرت السلالة CC1 من *Pedobacter* sp. سمادًا بيولوجيًّا مناسبًا للفراولة (Morais وآخرون ٢٠١٩).

وأدى تلقيح الفراولة بالميكوريزا *Claroideoglomus luteum*، و *C. claroideum*، و *C. etunicatum*، و *Funneliformis* sp. إلى تكوين النباتات لنمو جذرى غزير وزيادة محتوى الأنثوسيانين بالثمار (Chiomento وآخرون ٢٠١٩).

ولقد دُرس تأثير السلالتين البكتيريتين المنشطين للنمو الداخليتا التطفل endophytes: السلالة UMCV2 من *Arthrobacter agilis*، والسلالة M4-96 من *Bacillus methylotrophicus* على نمو نباتات الفراولة فى مزارع الأنسجة، ثم نمو ومحصول النباتات التى تنمو منها. أدت المعاملة بأى من السلالتين إلى استعمار النسيج النباتى بالورقة (الميزوفيل) فى مزارع الأنسجة. وعندما نُميَّت تلك النباتات بعد ذلك فى الصوبة لمدة ١٠ شهور فإن محصول ثمارها ازداد بنسبة ٤٢٪ عن محصول نباتات الكنترول (Hernández-Soberano وآخرون ٢٠٢٠).

كما دُرس تأثير معاملة جذور شتلات الفراولة من صنف شاندلر بخليط من ميكروبات المحيط الجذرى (*Pseudomonas florescence*، و *Bacillus subitlis*، و *Azotobacter chroococcum*، والبكتيريا المذيبة للبوتاسيوم، وفطريات الميكوريزا) مع بسترة التربة (وهى غنية فى المادة العضوية) بالتشميس باستعمال شرائح بلاستيكية شفافة. وقد وُجد أن المعاملة بما مقداره ٢٥٠ جم من هذا الخليط مع بسترة التربة بالتشميس أحدثت تحسنًا جوهريًّا فى النمو (إنتاج المدادات) والمحصول وصفات جودة الثمار، وكان واضحًا أن التشميس حسَّن من التغذية بالفوسفور، وأن خليط ميكروبات المحيط الجذرى تغلب على مشاكل المسببات المرضية التى توجد فى التربة. وقد أدى هذا التلقيح الميكروبى إلى زيادة محتوى الأوراق من كلٍّ من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والمغنيسيوم فى معاملة التشميس، مقارنة بتأثيره فى معاملة عدم التشميس (Kumar وآخرون ٢٠٢٠).

وأدى تلقيح نباتات الفراولة بالميكوريزا *Claroideoglomus etunicatum* مع ٩٪ بيوشار biochar فى بيئة الزراعة إلى تكوين نموًّا جذريًّا قويًّا. أما الميكوريزا *C. pellucida*

فإنها أفادت النموات الهوائية والكتلة البيولوجية للجذور، وحسَّنت الميكوريزا — عمومًا — من صفات جودة الثمار الكيميائية (Chiomento وآخرون ٢٠٢١).

وأعطى التسميد بكامل الكمية الموصى بها من النيتروجين مع التلقيح بالبكتيريا *Azotobacter* أفضل نمو، وأعلى محصول وجودة لثمار الفراولة على قدم المساواة مع التسميد الآزوتى الكامل مع التلقيح بالبكتيريا *Azospirillum* (Reddy & Goyal ٢٠٢١).

مستخلصات الأعشاب البحرية

وُجد فى دراسة على إنتاج الفراولة العضوية فى صوبة غير مدفأة أن الرش الورقى بمستخلص عُشب البحر *Ascophyllum nodosum* وبالسيليكون أحدث زيادة جوهرية فى المحصول المبكر والمحصول الكلى وعدد الثمار الكلى مع انخفاض حوالى ٢٠٪ فى السكر ومحتوى أقل من الفينولات فى القطفة الأولى. وقد تميز المحصول المبكر بارتفاع محتوى ثماره من الأنثوسيانينات (Weber وآخرون ٢٠١٨).

منظمات النمو

يسود بروفيل التربينويدات المتطايرة لثمرة الفراولة كلاً من: الـ monoterpene، و الـ linalool، والـ sesquiterpene، والـ nerolidol، وهى التى يزيد إنتاجها فى الثمار الناضجة. وتُنتج التربينويدات نتيجة لنشاط الإنزيم nerolidopl synthase، وهو الذى يزداد نشاطه — ويزداد معه إنتاج التربينويدات — بالمعاملة بالمثيل جاسمونيت، علمًا بأن التركيز المناسب للمعاملة يختلف باختلاف الصنف؛ فقد كان ١٠,٠ أو ١٠٠,٠ ميكرومول للصنف Yan Xiang، و ١,٠ ميكرومول للصنف Shu Xiang (Chang وآخرون ٢٠١٣).

كما أدى رش نباتات الفراولة بالميثيل جاسمونيت بتركيز ٠,١ مللى مول إلى زيادة محتوى الثمار الحمراء الناضجة من مركب pelargonidin-3-glucose بمقدار الضعفين — تقريبًا — فى الصنف 279/5 (Giné-Bordonaba & Terry ١٩٩٩).

وأدى الرش الورقى للفراولة بحامض السلسيلك بتركيز ٢ مللى مول إلى زيادة المحصول ومحتوى الثمار من فيتامين ج، والمواد الصلبة الذائبة، ونسبة المواد الصلبة الذائبة إلى الحموضة المعايرة، ومحتوى مضادات الأكسدة، ومحتوى الأوراق من الفوسفور والكالسيوم، دون أن يكون للمعاملة أى تأثير على الحموضة المعايرة للثمار أو حجم الثمار أو شدة لمعانها والـ pH (Aghaeifard وآخرون ٢٠١٦).

البراسينوستيرويدات

تُعد البراسينوستيرويدات brassinosteroides مركبات كيميائية نباتية طبيعية تنتجها النباتات أثناء نمو الثمار وتلعب دورًا حيويًّا فى تنظيم نموها ونضجها وجودتها. وقد دُرس تأثير الرش الورقى بعدة تركيزات من المركب 24-epibrassinolide، ووجد أنه حوَّر جوهريًّا من طريقة نمو الثمار ومعدل نموها، وقلَّص فترة نمو الثمرة وأسرع تبكيرها. كذلك أثرت المعاملة جوهريًّا على مظهر الثمار من حيث الشكل واللون. وأدت المعاملة بتركيز ١ ميكرومول/لتر إلى تحفيز نمو الثمار، وإلى جعل الثمار أكثر استدارة، مع تقليص فترة نموها كثيرًا. هذا.. إلاّ إن المعاملة بالتركيزات العالية أحدثت خفضًا فى صلابة الثمرة. كذلك حفَّزت المعاملة جوهريًّا من وزن الثمرة، ومحتواها الرطوبى ومحتواها من الفينولات الكلية والأنثوسيانين وأيض الكربوهيدرات (Zahedipour-Sheshglani & Asghari ٢٠٢٠).

حامض الهيوميك

أدى رش نباتات الفراولة بحامض الهيوميك بتركيز ٢٥ مجم/لتر إلى زيادة المحصول، ومحتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة، والحموضة المعايرة، وفيتامين ج، وشدة احمرار الثمرة، ومحتوى الأوراق من كلٍّ من البوتاسيوم والفوسفور والكالسيوم والمغنيسيوم، دون أن يكون للمعاملة أى تأثير على pH الثمار أو شدة لمعانها. وفى المقابل كانت ثمار نباتات الكنترول غير المعاملة أعلى فى محتوى ثمارها من مضادات

الأكسدة ونسبة المواد الصلبة إلى الحموضة المعايرة.

أهمية التلقيح

يؤدى التلقيح الجيد فى صوبات الفراولة إلى تقليل ظهور حالات الثمار المشوهة، وإلى زيادة محصول الثمار (Ariza وآخرون ٢٠١٢).

الإنتاج العضوى

أعطى الإنتاج التقليدى للفراولة محصولاً أعلى من الإنتاج العضوى نتيجة لزيادته لعدد الثمار/نبات. وبالمقارنة.. أدى الإنتاج العضوى إلى زيادة متوسط وزن الثمرة وازداد فيها محتوى المادة الجافة والجلوكوز والسكروز وفيتامين ج والبيتاكاروتين، كما انخفض محتواها من النترات (Conti وآخرون ٢٠١٤).

الفصل الخامس

العائلة البقولية

البسلة

البسلة المأكولة القرون

إلى جانب أصناف البسلة العادية المعروفة English peas (أو shell peas)، فإنه تتوفر أصناف من طراز يعرف بالبسلة السكرية sugar peas (أو snap peas)، وهى تستهلك قرونها كاملة — بما تحتويه من بذور عادية — دونما تقشير، وأصناف أخرى من طراز يُعرف بالبسلة الجلدية snow peas، وهى تستهلك قرونها كاملة — كذلك — لكنها لا تحتوى على أى بذور يعتد بها. وفى الطرازين الأخيرين لا توجد طبقة parchment بالقرون، ويعرفان بالبسلة المأكولة القرون edible-podded، ويتبعان مجموعة Macrocarpon النباتية، بعكس البسلة العادية التى تحتوى على طبقة parchment عبارة عن غشاء اسكليرونشيمى. مبطن للجدر الداخلية. وقرون البسلة السكرية أكثر حلاوة وهشاشة crisper عن البسلة الجلدية. وبينما تُنتج البسلة الجلدية قرونًا كبيرة مسطحة (محززة constricted)، فإن البسلة السكرية تنتج قرونًا دائرية المقطع وسميكة الجدر. وقد تناول Ram وآخرون (٢٠٢١) هذين الطرازين بالتفصيل من حيث الوراثة والتربية والإنتاج.

التسميد البيولوجى وعلاقته بالتسميد المعدنى

يتطلب إنتاج عقد رايزوبيم الجذرية فى البسلة توفر الكبريت بكميات كبيرة؛ نظرًا لأن كفاءة بكتيريا تثبت آزوت الهواء الجوى تُعد حسَّاسة لنقص الكبريت (Zhao وآخرون ١٩٩٩).

ولقد أُجريت عدوى مزدوجة لبذور البسلة بكل من بكتيريا المحيط الجذرى المثبتة لآزوت الهواء الجوى *Azosprillum* (السلالة Er-20)، والمذيبة للفوسفور

Agrobacteriium tumefaciens (السلالة Ca-18) مع توافيق من مستويات التسميد بالنيتروجين والفوسفور تراوحت بين ٦٠٪، و١٠٠٪ من المستوى الموصى به. ولقد أظهرت نتائج الدراسة أن التسميد بالنيتروجين والفوسفور بنحو ٧٥٪ من المستوى الموصى به مع التلقيح ببكتيريا المحيط الجذرى أحدثت زيادة فى ارتفاع النبات، والوزن الرطب والجاف للنمو الخضرى والجذور، وعدد الأوراق والفروع، وعدد القرون وطولها، وعدد البذور والمحصول، وكذلك كلوروفيل أ، وب، والكلى، والكاروتينويدات والفينولات الكلية، وكانت قيم تلك الصفات لا تختلف جوهريًّا عما كان عليه الحال فى معاملة التسميد بالـ ١٠٠٪ NP بدون بكتيريا المحيط الجذرى (Ejaz وآخرون ٢٠٢٠).

معاملات التغلب على عوامل الشدّ البيئى

شد الجفاف

أدت معاملة نباتات البسلة — المعرضة لشدٍّ جفافى مُستحث بالبوليثيلين جليكول ٦٠٠٠ — بمركبين من طراز الأوكسينات (كان اسماهما الكودية: TA-12، و TA-14) إلى استعادة النمو الطبيعى جزئيًّا، وإلى الحدِّ من تراكم البرولين والمركبات الفينولية والثيولات ذات الوزن الجزيئى المنخفض، ولم تستحث تراكم الـ malondialdehyde. كما أظهرت المعاملة بهذين المركبين خفضًا فى محتوى فوق أكسيد الأيدروجين، ومن ثم مستويات أقل من الشدِّ التأكسدى، وتأكد ذلك بحدوث انخفاض فى نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة: سوبر أوكسيد ديسميوتيز، وكاتاليز، و guaiacol peroxidase. ويُستفاد مما تقدم أن المعاملة بهذين المركبين خفَّضَت من التأثيرات السلبية لشدِّ الجفاف. هذا.. والمركبان هما:

1-[2-chloroethoxycarbonyl-methyl] -4-naphthalenesulfonic acid calcium salt (TA-12)

1-[2-dimethylaminoethoxicarbonylmethyl] naphthalene chlormethylate (TA-14)

(Sergiev وآخرون ٢٠١٩).

شد الملوحة

أدت أقلمة البسلة بشدٍّ ملوحة قدره ١٥ مللى مول كلوريد صوديوم إلى أقلمة النباتات على تحمل الملوحة بتحفيز عزل (خَلْب) البوتاسيوم فى كل من الأوراق والجذور، وزيادة معدل البناء الضوئى، وتوصيل الثغور، والمحتوى الكلوروفيللى، والمحتوى المائى النسبى، وزيادة تراكم الكتلة الجافة البيولوجية (Shaukat وآخرون ٢٠١٩).

كم أدت معاملة البسلة بالمركب 24-Epibrassinolide إلى زيادة تحمل البسلة للملوحة فى صورة تحسن فى كلٍّ من النمو والعلاقات المائية والمركبات الحامية الأسموزية osmolytes وتراكم الأيونات (Shahid وآخرون ٢٠١٥).

محفزات النمو

أدى الرش بمستخلص أوراق المورينجا *Moringa oleifera* بتركيزات تراوحت بين ١٪، و٤٪ ثلاث مرات بعد ٢٥، و٣٥، و٤٥ يومًا من الزراعة إلى زيادة محصول القرون الخضراء، ومحصول البذور الجافة، والمحصول البيولوجى، ووزن ١٠٠ بذرة، ومحتوى البروتين، وتراكم العناصر. أما أعلى قيم لصبغات البناء الضوئى ودلائل النمو فقد تحققت عندما كانت المعاملة بتركيز ٤٪ (Merwad ٢٠١٨).

وأدى رش نباتات البسلة بحامض الفوليك بتركيز ٢٪ أو ٤٪، مع سبق نقع البذور فى محلول فوق أكسيد الأيدروجين بتركيز ١٠ أو ٢٠ مجم/لتر، أو بدون ذلك النقع.. أدى إلى تحسين دلائل النمو وتركيز صبغات البناء الضوئى والمحصول وجودته وبخاصة محتوى البذور من حامض الفوليك مقارنة بالكنترول. وأدى التفاعل بين حامض الفوليك وفوق أكسيد الأيدروجين إلى تحسين كل الخصائص التشريحية، وبخاصة قطر الحزم الوعائية وسمك نسيج البناء الضوئى (Farouk & Abdul Qados ٢٠١٨).

الفاصوليا

مسافة الزراعة وأهميتها فى الحماية من الإصابة بالعفن الأبيض

دُرس تأثير المسافة بين خطوط الزراعة على شدة إصابة الفاصوليا وقرونها بالعفن الأبيض الذى يسببه الفطر *Sclerotinia sclerotiorum*. ومع الاحتفاظ بكثافة زراعها

قدرها ٤٤٥٠٠٠ نباتًا/هكتار (حوالى ١٨٧٠٠٠ نبات/فدان) أُجريت الزراعة فى خطوط تبعد عن بعضها البعض بمقدار ١٩، و٣٨، و٧٥، و ١١٤، و ١٥٠ سم، وكانت النتائج كما يلى:

١– كانت شدة الإصابة فى مسافة زراعة ٣٨، و٧٥ و١٥٠ سم بين الخطوط أقل منها فى مسافة ١٩ سم بنسبة ٢٤٪، و٤١٪، و٨٨٪ – على التوالى — فى السنة الأولى للدراسة، وبنسبة ١١٪، و٢٥٪، و٥١٪ – على التوالى — فى السنة الثانية للدراسة، كما كانت أقل بمقدار ٣٤٪ على مسافة ١١٤ سم فى السنة الثانية للدراسة.

٢– كان عفن القرون أقل بمقدار ٠,٢٤٪، و٠,٦٤٪ مع كل ١٠ سم زيادة فى المسافة بين خطوط الزراعة فى عامى الزراعة، على التوالى.

٣– لم يتأثر محصول القرون بمسافة الزراعة بين الخطوط ما بين ١٩، و١١٤ سم، لكنه انخفض جوهريًّا فى مسافة ١٥٠ سم.

٤– يعنى ذلك أن زيادة المسافة بين خطوط الزراعة قد تكون وسيلة فعالة للحد من الإصابة بالعفن الأبيض فى حالة عدم توفر المبيدات الفطرية (مثل مبيد الـ vincolozin الذى كان فعَّالاً فى الحد من عفن القرون فى عامى الزراعة)، أو عدم الرغبة فى استعمالها (Peachey وآخرون ٢٠٠٦).

أغطية النباتات

أدت تغطية نباتات الفاصوليا الخضراء فى زراعة حقلية بالغطاء النباتى (الأجرونت agronet) إلى تعديل البيئة المحيطة بالنباتات بزيادة حرارة الهواء بنحو ١٠٪، والرطوبة النسبية بنحو ٤٪، ورطوبة التربة بنحو ٢٠٪، بينما انخفض الإشعاع النشط فى البناء الضوئى بنحو ١٪ والضوء الأساسى اليومى بنحو ١١,٥٪. وقد انخفضت أعداد الذبابة البيضاء ومنّ الفاصوليا الأسود *Aphis fabae* تحت الأجرونت مقارنة بأعدادها فى الكنترول. وقد أسهم الغطاء فى إسراع إنبات البذور بيومين، وإلى زيادة بزوغ البادرات بأكثر من ٩٠٪، وإلى زيادة محصول القرون الخضراء وجودتها (Gogo وآخرون ٢٠١٤).

التسميد

تحليل التربة

حُصِلَ على أعلى محصول من الفاصوليا الجافة عندما كان مستوى البوتاسيوم فى التربة ٧٤ مجم/كجم مع الاستخلاص بالـ Mehlich 1 extracting solution (Fageria & Melo ٢٠١٤).

الزنك

أدى التسميد بسلفات الزنك فى تربة فقيرة بالعنصر إلى زيادة إنتاج القرون وزيادة محتواها من الزنك (de Almeida وآخرون ٢٠٢٠).

كما أدى الرش الورقى بالزنك المخلوب على الهستدين إلى إحداث زيادة جوهرية فى محصول البذور، مقارنة بالرش الورقى بكبريتات الزنك. وازداد تركيز الزنك فى البذور بمعاملة بذور التقاوى seed priming إما بالزنك المخلوب على المثيونين أو بالزنك المخلوب على الهستدين، حسب الصنف. وكانت معاملة البذور بالزنك المخلوب على الأحماض الأمينية أكثر كفاءة عن الرش الورقى بكبريتات الزنك فى زيادة محصول الحبوب وتركيز الزنك فيها، وكذلك فى تركيز المواد الكربوهيدراتية الذائبة فى الماء فيها (Tabesh وآخرون ٢٠٢٠).

وقد وُجد أن معاملة البذور بالـ priming بالزنك النانو (٤٪) مع الحديد النانو (٤٪) كان له أكبر تأثير إيجابى على محصول الحبوب فى الفاصوليا الحمراء (Bayat وآخرون ٢٠٢١).

وأدى الرش الورقى للفاصوليا بجزيئات نانو من أكسيد الزنك ZnO nanopartioles بتركيز ٢٥ جزء فى المليون مركب مع الشيتوسان إلى زيادة الكتلة البيولوجية ومحصول الفاصوليا الخضراء، كما أسرعت المعاملة من اكتمال النمو النباتى والتبكير بالحصاد، مع خفض لكمية السماد المستخدمة دون التأثير على كمية المحصول المنتجة، وذلك مقارنة بالرش بنترات الزنك مع الشيتوسان (Palacio-Márquez وآخرون ٢٠٢١).

معاملات التغلب على عوامل الشدِّ البيئى

البرودة

أدت معاملة نباتات الفاصوليا بالميكوريزا *Glomus intraradices* فى ظروف نقص الفوسفور (وليس زيادته؛ حيث لا تستعمر الميكوريزا جذور الفاصوليا فى ظروف زيادة الفوسفور) .. أدت إلى تحسين الوضع المائى بالنبات أثناء شدِّ البرودة، وكان هذا التأثير أكثر وضوحًا فى ظروف شدِّ الجفاف كذلك (El-Tohamy وآخرون ١٩٩٩).

الحرارة

يُفيد الرش الورقى بالزنك (١٠٠ جزء فى المليون) مع حامض الهيوميك (٥٠٠ جزء فى المليون) والشيتوسان (١٥٠ جزء فى المليون) فى تحسين دلائل نمو ومحصول البذور الجافة، خاصة عندما تكون الزراعة فى المواسم التى ترتفع فيها الحرارة خلال مرحلة الإزهار والعقد (Ibrahim & Ramadan ٢٠١٥).

الجفاف

وُجد انخفاض فى دليل مساحة الورقة، ودليل الكلوروفيل، والمحتوى المائى النسبى، ومحصول البذور الجافة فى الفاصوليا مع زيادة الشد الرطوبى، إلاّ إن الرش الورقى بالموليبدنم بمعدل ٨٠ جم/هكتار (٣٧ جم/فدان) أحدث زيادة فى كلٍّ من دليل مساحة الورقة، والمحتوى الرطوبى النسبى، ومحصول البذور الجافة، وإن تباين هذا التأثير باختلاف الأصناف وباختلاف مقدار الشد الرطوبى؛ فكان أكثر وضوحًا فى حالة الشدِّ الرطوبى الشديد. كذلك أحدثت المعاملة بالموليبدنم زيادة فى امتصاص النيتروجين، وفى كفاءة استخدامه؛ مما تسبب فى زيادة دليل الكلوروفيل ومحصول البذور الجافة (Heshmat وآخرون ٢٠٢١).

ولقد أدى خفض معدل رى الفاصوليا بنحو ٧٠٪ فقط من احتياجاتها المائية — مقارنة بريها بكل احتياجاتها المائية (١٠٠٪) — إلى إحداث خفض جوهرى فى النمو النباتى، والمحتوى المائى النسبى، ودليل ثبات أغشية الخلايا؛ مما أثر سلبيًّا على

محصول القرون الخضراء وصفات جودتها من حيث محتوى المواد الصلبة الذائبة والبروتين. كما أحدثت هذه المعاملة زيادة جوهرية فى كلٍّ من الـ malondialdehyde والبرولين والأحماض الأمينية الحرة والسكريات الكلية الذائبة والإنزيمات المضادة للأكسدة: SOD، و CAT، و POX، والألياف بالقرون الخضراء. ولقد كانت جميع المركبات الأسموزية osmolytes التى دُرست والإنزيمات المضادة للأكسدة مرتبطة سلبيًّا وجوهريًّا مع المحتوى المائى النسبى. وتحت ظروف الشدِّ الرطوبى أدى الرش الورقى بحامض الفوليك بمعدل ١٥٠ ميكرومول إلى زيادة كفاءة استخدام المياه وإلى إحداث تحسّن جوهرى فى معظم الصفات التى دُرست (Ibrahim وآخرون ٢٠٢١).

الملوحة

أدت معاملة نقع بذور الفاصوليا مع الرش بكلٍّ من حامض السلسيلك بتركيز ١ مللى مول، ومستخلص أوراق المورنجا *Moringa oleifera* بتركيز جزء واحد من المستخلص: ٣٠ جزء ماء — مجتمعين — إلى التغلب على التأثيرات المثبطة للملوحة (EC = ٦,٢٣ — ٦,٢٨ ديسى سيمنز/م) على نمو وفسيولوجيا النباتات والمحصول وخصائصهما (Rady & Mohamed ٢٠١٥).

كما أدت معاملة بذور الفاصوليا (بالـ priming) بالميلاتونين بتركيزات ٢٠ إلى ١٠٠ ميكرومول إلى تحفيز تحمل الملوحة بزيادة النشاط المضاد للأكسدة، وخفض لمحتوى الـ MDA وتركيز الصوديوم، وزيادة نسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم فى النمو الخضرى والجذور، مع التخلص من أضرار الأكسدة وزيادة الوزن الجاف للنباتات (Alinia وآخرون ٢٠٢١).

وتُعد الـ cyanobacteria (وهى الطحالب الخضراء المزرقة) مُفيدة فى تحسين امتصاص العناصر وفى جعل النباتات أكثر تحملاً لعوامل الشدِّ البيئى مثل الملوحة. وقد وُجد أن معاملة بذور الفاصوليا بالـ cyanobacteria مع الرش الورقى بالجلوتاثيون glutathione وحامض الأسكوربيك تُفيد فى زيادة النشاط الدفاعى لنباتات الفاصوليا وجعلها أكثر تحملاً لشدِّ الملوحة (Rady وآخرون ٢٠١٨).

ولقد أحدث شدّ الملوحة (٢,٥ أو ٥,٠ ديسى سيمنز/م) تأثيرات سلبية عديدة على الفاصوليا، كان منها: حدوث تدهور جوهرى فى النمو ومكونات المحصول، ومحتوى صبغات البناء الضوئى، وصافى معدل البناء الضوئى، ومعدل النتح، وتوصيل الثغور، ومعدل انتقال الإليكترونات، ونشاط الـ Rubisco وإنزيمات أخرى، والمحتوى الكربوهيدراتى ومحتوى الأوراق من الأوكسينات والسيتوكينينات والجبريللنات. وفى المقابل.. فقد أدت المعاملة بالـ effective microorganisms (اختصارًا: EM) إلى التغلب على تأثيرات الملوحة السلبية على كلٍ من محتوى الصبغات، والقدرة على تبادل الغازات، وحافظت على ديناميكية فلورة الكلوروفيل، واستعادة عملية انتقال الإليكترونات فى البناء الضوئى وحافظت على التوازن الهرمونى الداخلى (Talaat ٢٠١٩).

وأدت معاملة نباتات الفاصوليا النامية فى ظروف شدّ ملحى قدره ٧,٥١ ديسى سيمنز/م رشًّا بمستخلص حبوب الذرة (مستخلص مائى أو كحولى) إلى حماية النباتات من أضرار الملوحة بتحسينها للنمو والمحصول، وبزيادتها لنشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة سوبر أوكسيد ديسميوتيز، وكاتاليز، وبيروكسيديز، وكذلك زيادة محتوى الجلوتاثيون وحامض الأسكوربك (Rady وآخرون ٢٠١٩).

كما يُعد بروتين بذور القرع العسلى المتحلل pumpkin seed protein hydrolysate (اختصارًا: PH) مُنشِّطًا بيولوجيًّا غنى بالنشاط المضاد للأكسدة والببتيدات والأحماض الأمينية، وهو قادر على تحسين تحمل النباتات للشدّ البيئى. ولقد وُجِدَ أن رى الفاصوليا بمحلول ملحى من كلوريد الصوديوم بقوة ٣,٩ أو ٧,٨ ديسى سيمنز/م أحدث زيادة فى محتوى النباتات من الصوديوم، وانخفاضًا فى محتواها من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم، وصبغات البناء الضوئى بالأوراق، ومحتوى الماء النسبى ودليل ثبات الأغشية الخلوية، وكل هذه الآثار السلبية أمكن التغلب عليها بالرش الورقى ثلاث مرات بالـ PH بتركيز ١٠٠٠ أو ٢٠٠٠ ميكروليتر/لتر. وتحت تأثير الملوحة ازداد محتوى كلاً من الـ MDA والبرولين والسكريات الذائبة والجلوتاثيون ونشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة، لكن تلك التأثيرات

تحسَّنَت بالرش بالـ PH، وتحسَّن النمو النباتى وقياسات المحصول التى تأثرت سلبيًّا بالملوحة (Sitohy وآخرون ٢٠٢٠).

ولقد أدت إضافة هيومات البوتاسيوم potassium humate للتربة بمعدل ٧٠ أو ١٤٠ كجم/هكتار (٢٩,٥ أو ٥٩ كجم/فدان) إلى زيادة كل خصائص نمو الفاصوليا (ارتفاع النبات، وعدد الأوراق، والمساحة الورقية، وقطر الساق، والوزن الجاف للنمو الخضرى)، كما أدت المعاملة إلى تحسّن جوهرى فى نفاذية الأغشية الخلوية. وأدت المعاملة بالجليسين بيتين إلى زيادة المكونات الكيميائية ذات الصلة بتحمل الملوحة سواء أكانت غير عضوية (نيتروجين وفوسفور وبوتاسيوم، مع نقص فى الصوديوم والكلور بالأوراق)، أو عضوية (الكلوروفيل أ + ب، والكاروتينويدات، والأنثوسيانين، والفينولات الكلية والفلافونويدات الكلية) وكذلك زيادة فى المحصول ومكوناته. وكان للمعاملة بالجليسين بيتين تأثيرًا عالى الفاعلية فى تحسين نمو ومحصول الفاصوليا تحت ظروف شد الملوحة (٣,٠ أو ٥,٠ ديسى سيمنز/م) (Taha & Osman ٢٠١٨).

المنشطات الحيوية وغير الحيوية

الكائنات الدقيقة

تفيد بكتيريا المحيط الجذرى *Pseudomonas fluorescens* (السلالة P-93)، و *Azospirillium lipoferum* (السلالة S-21) فى زيادة كفاءة بكتيريا الرايزوبيم فى الفاصوليا (Yadegari وآخرون ٢٠١٠).

وتُفيد المعاملة بالبيوشار biochar مع الـ *Bacillus* sp. فى تحسين نمو ومحصول الفاصوليا (Saxena وآخرون ٢٠١٣).

وأوضحت دراسة أُجريت على الفاصوليا الخضراء أنها استجابت إيجابيًّا للتلقيح عن طريق التربة بخليط متآزر synergistic من البكتريا المنشطة للنمو النباتى (*Paenibcillus polymyxa*، و *Pantoea agglomerans*) مع الميكوريزا *Funneliformis mosseae*، حيث كان النمو والمحصول مع استعمال ٧٥٪ – فقط — من سماد الـ NPK مماثلاً للنمو

والمحصول فى حالة التسميد العادى الكامل (١٠٠٪ NPK بدون تلقيح ميكروبى)؛ بما يعنى إمكان خفض التسميد المعدنى للفاصوليا الخضراء بنسبة ٢٥٪ بالتلقيح الميكروبى هذا (Chauhan & Bagyaraj ٢٠١٥).

وقد أمكن عمل عدة عزلات بكتيرية من عقد جذرية من الفاصوليا، وباختبارها على الفاصوليا، وجد ما يلى (de Souza وآخرون ٢٠١٦):

السلالة	النوع الذى تنتمى إليه	تأثيرها الفسيولوجى
E15	*R. leguminosaram*	زيادة نسبة الإنبات وطول البادرات ووزنها الجاف
L5	*R. radiobacter*	زيادة نسبة الإنبات وطول البادرات ووزنها الجاف
V28 & L15	*R. fabae*	إنتاج أكبر عدد من العقد الجذرية وأعلى وزن جاف للنمو الخضرى
V 28	*R. fabae*	أعلى محتوى من النيتروجين والبوتاسيوم بالنمو الخضرى
L17		قدر عال من تثبيت النيتروجين حتى مع انخفاض العقد الجذرية

ولقد وُجد فى دراسة أُجريت على تلقيح بذور ثمانية أصناف من الفاصوليا الجافة (٤ من طراز pinto، و٤ من طراز kidney) ببكيتريا العقد الجذرية (الرايزوبيم أن تلك المعاملة لم تؤدِ إلى زيادة محصول البذور الجافة؛ بل إنها قللت محصول بذور أصناف طراز الـ kidney بنسبة ٤٧٪ (فى حالة التلقيح بمعلق من البكتيريا)، و٦٢٪ (فى حالة التلقيح بخلط البذور ببيت موس مضاف له البكتيريا)، مقارنة بالكنترول التى لم تُعامل بالبكتيريا. هذا.. وقد وُجد أن أصناف طراز الـ pinto ثبتت — فى المتوسط — ٧٤–٩١ كجم من النيتروجين/هكتار (٣١–٣٨ كجم N/فدان)، وثبتت أصناف طراز الـ kidney — فى المتوسط — ٦٥–٧٤ كجم N/ هكتار (٢٧–٣١ كجم N/ فدان) (Sanyal وآخرون ٢٠٢٠).

هذا.. ويمكن لمدى واسع من بكتيريا الرايزوبيم التعايش مع جذور الفاصوليا، ومنها الجنس *Bradyrhizobium*، لكنه غير كفء فى تكوين العقد الجذرية. وقد وُجد أن الجمع بين المعاملة بالبكتيريا *Rhizobim tropici* مع سلالات من البرادى رايزوبيم بجرعات $١٠^{٤}$، و$١٠^{٦}$، و$١٠^{٨}$ وحدة مكونة للمستعمرات / بذرة فى ظروف معقمة، وبجرعة $١٠^{٨}$ وحدة مكونة للمستعمرات/بذرة فى ظروف تربة غير معقمة.. وُجد أن ذلك تسبب فى تكوين عددًا

أكبر من العقد الجذرية وتراكمًا للكتلة البيولوجية الجافة والنيتروجين فى النبات عما فى حالة التلقيح بالبكتيريا *R. tropici* وحدها، وذلك تحت الظروف المعقمة، وكانت الاستجابات جوهرية فى أعلى الجرعات المستخدمة مع ملاحظة وجود ارتباط جوهرى بين الجرعة المعامل بها والوزن الجاف للنمو الخضرى. وقد حدث نفس الأمر فى ظروف التربة غير المعقمة، ولكن بدرجة أقل (Jesus وآخرون ٢٠١٨).

وقد دُرس تأثير التلقيح بالميكوريزا *Piriformospora indica*، أو *Glomus intraradice* أو بكليهما معًا — تحت ظروف نقص امتصاص الفوسفور — على نمو ومحصول وجودة الفاصوليا الخضراء، ووجد ما يلى:

١- أدى التلقيح بالميكوريزا *P. indica* أو بقطرى الميكوريزا معًا إلى إحداث زيادة جوهرية فى الكتلة البيولوجية للنمو الخضرى، والنمو الجذرى، مع زيادة جوهرية فى عدد القرون ووزنها الجاف، والوزن الجاف للبذور/نبات.

٢- أحدث التلقيح بالميكوريزا *P. indica* زيادة فى التغذية بالكالسيوم بنسبة ١٠٠٪، والمغنيسيوم بنسبة ١١٠٪، والأمونيوم بنسبة ١٧٥٪، مقارنة بما كان عليه الوضع فى نباتات الكنترول غير الملقحة بالميكوريزا، بينما لم يكن للتلقيح بالميكوريزا تأثيرًا جوهريًّا على التغذية بالبوتاسيوم (Beltayef وآخرون ٢٠٢١).

الأحماض الأمينية والتحضيرات المنشطة التجارية

استُخدم محلول تجارى لخليط من عدة أحماض أمينية (٦,٨ جليسين، و٤,٤٪ برولين، و٣,٣٪ حامض جلوتامك، و٢,٧٪ آلانين، و١,٩٪ أرجنين، و١,٧٪ حامض أسبارتك، و١,٣٪ ليسين، و١,٣٪ هستدين، و١,٠٪ ليوسين) فى رش نباتات الفاصوليا بتركيزات مختلفة بعد ٤٥ يومًا من الإنبات. أحدثت المعاملة زيادة جوهرية فى محصول بذور (حبوب) الفاصوليا، وكان أفضل تركيز للرش حوالى ٠,٠٠٩٤٪ من المنتج التجارى. وأدت الزيادات فى تركيز محلول الرش إلى زيادة محتوى النمو الخضرى من النيتروجين والزنك، وانخفاضها فى الكبريت. وكان امتصاص العناصر الكبرى بالترتيب التنازلى

التالى: N > P > Mg > Ca > S وامتصاص العناصر الصغرى بالترتيب التنازلى التالى: Fe > Zn > B > Cu > Mn (Moreira & Moraes ٢٠١٧).

ولقد أدى رش نباتات الفاصوليا مرتين بالمنشط الحيوى أتونك Atonic (وهو nitrophenolate-based) بتركيز ٣٪ إلى تحسين المحصول دون إحداث أى تأثيرات سلبية على القيمة الغذائية (Kocira وآخرون ٢٠١٧).

الإنتاج العضوى

أعطت الزراعة التقليدية (غير العضوية) محصولاً من قرون الفاصوليا الخضراء أعلى بكثير مما أنتجته الزراعة العضوية (٥,٥٠ كجم/ م^{٢} مقابل ٣,٦٧ كجم/م^{٢}، على التوالى). هذا إلاّ إن محتوى المادة العضوية كان أعلى فى القرون المنتجة عضويًّا عما فى تلك التى أُنتجت تقليديًّا (٩,٨٨٪ مقابل ٧,٢٠٪، على التوالى). وأدى تواجد ١٠ مللى مول كلوريد صوديوم فى ماء الرى إلى الحد جوهريًّا من الكتلة البيولوجية الكلية ومحصول القرون الخضراء الطازجة (–٢٢٪) دونما أى تفاعل مع نظام الإنتاج. وكان النقص فى محصول القرون فى الزراعة العضوية مرده إلى نقص فى النيتروجين المعدنى (NO_3^-، و NH_4^+) فى بداية مرحلة النمو. وأحدثت الزراعة العضوية زيادة جوهرية فى عدد العقد الجذرية فى بداية مرحلة امتلاء القرون مقارنة بما حدث فى الزراعة التقليدية، هذا.. إلاّ إن النيتروجين الكلى فى التربة ازداد بوضوح خلال تلك المرحلة على الرغم من إضافة النيتروجين للمحصول خلالها؛ بما يُفيد قدرة الفاصوليا العالية على تثبيت آزوت الهواء الجوى (Kontopoulou وآخرون ٢٠١٥).

اللوبيا

التسميد بالبورون

أدى الرش الورقى للوبيا بالبورون بتركيز ٢,٦–٢,٩ جم/لتر إلى تحسين إنتاج القرون. ولم تُحفِّز إضافة سكر السوربيتول sorbitol لمحلول الرش بالبورون.. لم تُحفز النمو النباتى، لكنها زادت من امتصاص البورون فى الأجزاء الخضرية من النبات، دونما تحفيز لإنتاج البذور الجافة (Silva وآخرون ٢٠١٨).

معاملات التغلب على عوامل الشدِّ البيئى

الجفاف

أدى تعريض اللوبيا لشدِّ الجفاف إلى إحداث خفض جوهرى فى كلٍّ من الوزن الجاف للنمو الخضرى، وارتفاع النبات، والمساحة الورقية، وعدد الفروع/نبات، ووزن البذور. والمحصول البيولوجى، ووزن ١٠٠ بذرة، ومحتوى الأوراق من كلوروفيل أ ، وب، والكاروتينويدات الكلية، ومحتوى النمو الخضرى والبذور من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم، والمحتوى المائى النسبى بالأوراق، ودليل ثبات الأغشية الخلوية. هذا.. بينما أدى شدِّ الجفاف إلى إحداث زيادة جوهرية فى نشاط كلٍّ من السوبرأوكسيد ديسميوتيز والكاتاليز، ومحتوى الأوراق من البرولين، والتسرب الأيونى، ومحتوى النمو الخضرى من السيلينيم، وذلك مقارنة بما حدث فى ظروف الرطوبة الأرضية العادية. وتحت ظروف شد الرطوبة أدى الرش الورقى بالبرولين أو السيليكون، أو المِثيونين إلى التغلب على التأثيرات الضارة لشدِّ الجفاف بدرجات متفاوتة. ولقد كانت معاملة السيليكون أفضلها تأثيرًا، حيث حسَّنت من كل خصائص النمو (الوزن الجاف للنمو الخضرى، وارتفاع النبات، والمساحة الورقية، وعدد الفروع بالنبات)، وخصائص المحصول (وزن البذور الجافة، والمحصول البيولوجى، ووزن ١٠٠ بذرة)، ومحتوى الأوراق من كلوروفيل أ، وب، والكاروتينويدات الكلية، ومحتوى النمو الخضرى والبذور من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم، والمحتوى المائى النسبى للأوراق، ودليل ثبات الأغشية الخلوية، كما أحدث زيادة فى محتوى النمو الخضرى من السيليكون ونشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة تحت ظروف شد الجفاف، وذلك مقارنة بمعاملتى الرش بالبرولين أو المثيونين اللتان كان تأثيرهما المفيد فى التغلب على شد الجفاف بدرجاته أقل. وكانت معاملة السيليكون — فقط — هى التى تغلبت على التأثيرات السلبية لشد الملوحة على تشريح الأوراق (Merwad وآخرون ٢٠١٨).

الملوحة

أدى استنبات بذور اللوبيا بترطيبها فى محلول من كلوريد الكالسيوم، مع زراعتها فى تربة مضاف إليها البيوشار إلى تحسين الإنبات فى ظروف شدِّ الملوحة. وكانت المعاملتان — معًا — أكثر كفاءة من أى منهما — منفردة — فى تحسين النمو النباتى المبكر فى ظروف شدِّ الملوحة، حيث أديتا إلى تحسين الكتلة النباتية البيولوجية بنسبة ٨٠,٨٪، والكلوروفيل (٤٨,٨٪) وتراكم السكر الذائب (٤٩,٥٪)، وفى نفس الوقت قللتا من تراكم الصوديوم (٣٠٪) والـ MDA (٢٧,٣٪) وأكسدة الدهون فى ظروف الملوحة، وزادتا من النشاط المضاد للأكسدة (٢٢,٢٪) ونشاط الألفاأميليز (٧٨,٧٪). وقد ساهمت كل هذه التأثيرات فى الحد من أضرار الأكسدة تحت ظروف شدِّ الملوحة (Farooq وآخرون ٢٠٢٠).

كما أدى رى نباتات اللوبيا بماء بحر مخفف إلى ٣,٥ أو ٧ ديسى سيمنز/م إلى زيادة محتوى الصوديوم، والتسرب الأيونى، وعلامات شد الأكسدة البيولوجية (الـ MDA)، وفوق أكسيد الأيدروجين، والعناصر المحبة للأكسدة)، وهى التى ترفقت مع زيادة فى تركيزات ونشاط الحاميات الأسموزية والجهاز المضاد للأكسدة (الإنزيمى وغير الإنزيمى). ومن ناحية أخرى حدث انخفاض فى كلٍّ من النمو، والمحتوى المائى النسبى بالأوراق، ودليل ثبات الأغشية الخلوية، وكفاءة البناء الضوئى، ومحتوى العناصر (النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم) ونسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم، ومظاهر التشريح النباتى. وكانت التأثيرات السيئة للملوحة أشد وضوحًا فى شدٍّ قدره ٧ ديسى سيمنز/م. وقد أدى الرش بمستخلص أوراق أى من الفينوكيا أو الـ ammi إلى إحداث زيادات جوهرية فى محتوى الحاميات الأسموزية وفى نشاط مكونات النظام المضاد للأكسدة؛ الأمر الذى انعكس على خفض فى محتوى الصوديوم والتسرب الأيونى، وعلامات شد الأكسدة البيولوجية، وزيادة فى النمو، وصفات المحصول، والمحتوى المائى النسبى، ودليل ثبات الأغشية الخلوية، وكفاءة البناء الضوئى ومحتوى العناصر ونسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم، ومظاهر التشريح النباتى. هذا وكان الرش

بمستخلص الفينوكيا أفضل تأثيرًا فى التغلب على أضرار الملوحة عن الرش بمستخلص الـ ammi (Desoky وآخرون ٢٠٢٠).

المنشطات الحيوية

أوضحت دراسة استُخدمت فيها عدة أنواع من الميكوريزا أن أصناف اللوبيا الحديثة تستجيب للعدوى بالميكوريزا بدرجة أكبر جوهريًّا من الأصناف القديمة، بما يفيد أن برامج التربة الحديثة لم تحد من المعيشة التكافلية مع الميكوريزا (Oruru وآخرون ٢٠١٨).

ولقد أدت معاملة بذور اللوبيا بغطاء من بكتيريا المحيط الجذرى *Pseudomonas libanensis* (السلالة TR1) وخليط من عزلات فطر الميكوريزا فى ظروف مدخلات سمادية ضعيفة إلى إحداث زيادات جوهرية فى كلٍّ من الوزن الجاف للنمو الخضرى (٧٦٪)، وعدد القرون بالنبات (٥٢٪)، وعدد البذور بالقرن (٥٦٪)، ومحصول البذور الجافة (٥٦٪)، مقارنة بعدم المعاملة. هذا إلاّ إن المعاملة بالبكتيريا مع عزلة واحدة من فطر الميكوريزا لم تكن مؤثرة على محصول البذور الجافة. وأدت المعاملة إلى إحداث زيادة جوهرية فى محتوى البذور الجافة من الدهون (٢٥٪)، مقارنة بالكنترول (Rocha وآخرون ٢٠٢٠).

الفول الرومى

معاملات التغلب على عوامل الشدِّ البيئى

الجفاف

أدت ظروف الجفاف (الرى بمستوى ٥٠٪ من السعة التبادلية الكاتيونية) إلى تثبيط إنبات بذور الفول الرومى مع زيادة فى الشدِّ التأكسدى. هذا إلاّ إن نقع البذور فى محلول ٠,٠٠١ مول من الزنك لمدة ١٢ ساعة ثم تجفيفها ساعد فى التغلب على شدِّ الجفاف بزيادة الكتلة البيولوجية (٩٩,٨٪)، والمساحة الورقية (٢٣٪)، ونشاط الإنزيم ألفاأميليز (٨٥٪)، والسكر الذائب (٥٤,٧٪)، وقيمة الـ SPAD (٤٨,٧٪)، وتركيز

الزنك بالأوراق (٧٩,٨٪)، مع انخفاض فى الـ malondialdehyde بالأوراق (٤٢,٧٪)، وفى محتواها من النشاط المضاد للأكسدة (٣٥,٢٪) تحت ظروف شدِّ الجفاف (Farooq وآخرون ٢٠٢١).

الملوحة

أحدث شد الملوحة تأثيرات سلبية على نباتات الفول الرومى وعلى السمات الفسيولوجية. وكاستجابة لشدِّ الملوحة تحسَّنت بالنبات الحالة المائية — بتحفيزها لعدة آليات ترتبط بالحالة المائية — وتحفز النشاط الإنزيمى المضاد للأكسدة. ولقد تحسَّن تحمل النباتات لشدِّ الملوحة لدى معاملتها بحامض السلسيلك؛ حيث سمحت المعاملة بالمحافظة على الأغشية الخلوية وعلى نشاط البناء الضوئى واستعادة التوازن الأيونى والحد من أضرار الأكسدة. وتبين من الدراسة التى أُجريت على صنفين من الفول الرومى أحدهما (وهو Aguadulce) أكثر تحملاً للملوحة عن الآخر (وهو Histal).. تبين أن تأثيرات المعاملة بحامض السلسيلك كانت كمية وليست نوعية. ولقد تباينت التأثيرات المفيدة للمعاملة بحامض السلسيلك حسب التركيز المعامل به، والصفة المدروسة، والصنف؛ حيث كانت استجابة Aguadulce أفضل لدى المعاملة بتركيز ٠,٥ مللى مول سلسيلك أسد، بينما كانت استجابة الصنف Histal أفضل لدى المعاملة بتركيز ١ مللى مول من الحامض. وبذا.. فإنه قد يمكن التوسع فى زراعة الفول الرومى — أو الفول عمومًا — فى الأراضى الهامشية لملوحتها مع معاملة النباتات بحامض السلسيلك (Souana وآخرون ٢٠٢٠).

الفصل السادس

الخرشـــوف

الأصنـاف

على الرغم من كثرة أصناف الخرشوف المعروفة عالميًّا، بما فى ذلك الأصناف الحديثة البذرية التكاثر، فإنه لا ينتشر فى الزراعة فى مصر على نطاق واسع سوى صنفين اثنين. ويُعد الصنف المعروف باسم "الفرنساوى" هو المفضل للتصدير، والاسم الأصلى لهذا الصنف، هو: Herious.

ومن بين أصناف الخرشوف التى تُكثر بذريًّا بصورة تجارية عالميًّا Imperial Star، و A-107، و Harmony (سابقًا: Nun-3031)، و Nun-3007، و Madrigal (سابقًا: Nun-9444)، و Prelude، و Concert (Baixauli وآخرون ٢٠٠٧).

التكاثر بالبذور

معاملات تحسين الإنبات

اقتُرِح نقع بذور الخرشوف فى الماء لمدة ٤٨ ساعة لتليين الغلاف البذرى، ويلى ذلك تعريض البذور المرطبة لحرارة ١,٥–٤,٥ْم لمدة ٤ أسابيع فى بيت موس مرطب غير ممزق un-shredded؛ لكى يسمح بالتهوية مع الترطيب حتى لا يؤدى سوء التهوية إلى تأخير الإنبات وتعفن البذور (OSU ٢٠٠٢).

هذا.. وتُظهِر بذور الخرشوف تباينًا كبيرًا فى سرعة ونسبة إنباتها، مع انخفاض فى تجانس نمو البادرات، وتؤثر الحرارة الأعلى عن ٢٥ ْم سلبيًّا على خصائص الإنبات. وفى محاولة للتغلب على مشكلة الإنبات والتأثير السلبى للحرارة العالية عليه، اختبر تأثير الـ PEG 8000 (1MPa) على ٢٠ ْم لمدة صفر – ١٧ يومًا فى صنفين من الخرشوف، ثم استنباتها على ٢٢ أو ٢٥/٣٥ ْم (نهار/ليل). كانت لجميع المحاولات تأثيرات سلبية ازدادت بزيادة فترة الـ priming وبزيادة درجة الحرارة (Damato & Calabrese ٢٠٠٧).

إنتاج الشتلات

تكون زراعة بذور الخرشوف لإنتاج الشتلات بالصوبة (فى الجو البارد) فى صوان ذات خلايا عميقة (بعمق ٧,٥–١٠ سم) لتجنب استدارة الجذور حول الصلية نظرًا لأن الخرشوف يكوِّن جذرًا وتديًّا. تكون زراعة البذور قبل موعد الشتل المتوقع بنحو ٦–٧ أسابيع. تنبت البذور فى خلال ٧–١٠ أيام فى حرارة ٢٤–٢٩ ْم نهارًا، مع حرارة ١٦–١٨ ْم ليلاً. وبداية من تكوين الورقة الحقيقية الأولى يُسمد المشتل أسبوعيًّا بسماد ذائب بتركيز ١٠٠–٢٠٠ جزء فى المليون من النيتروجين. ويتعين تقسية الشتلات فى جو بارد (خارج الصوبة) لمدة ٧–١٠ أيام قبل الزراعة (Bratech ٢٠٠٦).

وقد ذُكر أن تعريض الشتلات لحرارة ٤,٥ ْم لمدة ٢–٤ أسابيع قد يكون كافيًا لارتباع النباتات قبل شتلها فى الحقل (OSU ٢٠٠٢).

كذلك وُجد فى دراسة على صنف الخرشوف Green Globe Improved أن التسميد الآزوتى بمعدل منخفض (٧٥ مجم N/لتر) مع ماء الرى بالرش فى المشتل كان له تأثير إيجابى على النمو الجذرى وجودة الشتلات (Leskovar & Othman ٢٠١٦).

التطعيم

دُرس تأثير تطعيم صنفين من الخرشوف يتكاثرا بذريًّا، هما: Concerto، و Madrigal على أصلين من الأصناف التجارية للكاردون، هما: Belgio، و Madrid، وكذلك تأثير تطعيم صنف الخرشوف البذرى التكاثر T3 على صنف الكاردون التجارى Bianco gigante interme a foglia intera (اختصارًا: BGIFI). ولقد وُجد أن أصل الكاردون Madrid يؤخر بداية موسم الحصاد بنحو شهرين فى الصنف Concerto، مقارنة ببداية الحصاد فى نباتات الكنترول غير المطعومة، وبنحو شهر واحد فى الصنف Madrigal. كما وُجد أن محصول الصنف T3 ازداد بمقدار ٤٤٪–٥٣٪ فى ثلاثة مواسم زراعية متتالية عندما استُخدم صنف الكاردون BGIFI كأصل، كما انخفضت نسبة النباتات المطعومة التى أُصيبت بذبول فيرتسيليم إلى ١٠٪ فقط، مقارنة بإصابة مقدارها ٤٣٪ فى نباتات الكنترول غير المطعومة (Temperini وآخرون ٢٠١٣).

أغطية التربة وكثافة الزراعة

وُجد أن زراعة الخرشوف فى خطوط على مسافة مترين بين الخطوط، و ٩٠ سم بين النباتات فى الخط، مع استخدام الغطاء البلاستيكى الأسود للتربة أدت إلى زيادة التبكير فى الإنتاج والتوفير فى ماء الرى، مقارنة بالزراعة فى خطوط مزدوجة على مصاطب بعرض ٤ م ومسافة ٩٠ سم بين النباتات فى الخط، وعدم استعمال غطاء بلاستيكى للتربة (Leskovar وآخرون ٢٠١٣).

الرى وكثافة الزراعة

أعطى الخرشوف أعلى محصول له عندما كان الرى بمعدل ١٠٠٪ من النتح التبخرى ET، مقارنة بالرى بمعدل ٧٥٪ أو ٥٠٪ منه؛ حيث انخفض المحصول بمقدار ٢٠٪–٣٥٪ عندما كان الرى بمعدل ٥٠٪ من الـ ET، وأُرجع هذا النقص إلى انخفاض فى كل من أعداد الرؤوس المنتَجة وأحجامها. وبالمقارنة .. ازدادت الفينولات الكلية وحامض الكلوروجنك فى رؤوس الخرشوف مع تقدم موسم الحصاد، وبلغت الزيادة أقصاها عندما كان الرى بمعدل ٥٠٪ من ET (Shinohara وآخرون ٢٠١١).

وأظهرت دراسة أجريت على رى الخرشوف بما مقداره ٤٠٪، و٦٠٪، و ٨٠٪ من السعة الحقلية أن المساحة الورقية، والمادة الجافة، وتركيز الكلوروفيل حدث لها انخفاض مع زيادة الشدِّ الرطوبى، بينما ازداد تركيز البرولين بزيادة الشدِّ. وكان أعلى محصول من كلٍّ من حامض الكافيك، وحامض الكلوروجنك، والمحتوى الفينولى الكلى (٥,١٤، و٨,٢٤، و٥,٠١ جم/م^{٢}، على التوالى) فى معاملة الرى التى كانت بمعدل ٨٠٪ من السعة الحقلية، كما كانت أعلى القيم لتلك المكونات (٥,٩، و٩,٣٨، و٥,٦٠ جم/م٢، على التوالى) عندما كانت كثافة الزراعة ٦ نباتات/م^{٢}، مقارنة بكثافات ٢، و٤، و ٨ نباتات/م^{٢} (Siadat-Jamian وآخرون ٢٠١٩).

المعاملة بالجبريللين

يُفيد رش نباتات الخرشوف بالجبريللين لأجل زيادة إنتاجها للنورات الزهرية. تُعطى عدة رشات بتركيز ٢٠ جزءًا فى المليون (٢٠٠ لتر/فدان)، تكون أولاها بعد

الزراعة بنحو ٥–٨ أسابيع، ويجب ألاّ يقل قطر النمو الخضرى حينئذٍ عن ٣٠–٤٠ سم. تكرر هذه المعاملة مرتين إضافيتين كل أسبوعين. وتجدر الإشارة إلى إن المعاملة تُحدِث نقصًا فى حجم النورات الزهرية؛ الأمر الذى قد يكون مرده إلى زيادة حمل النباتات لتلك النورات (Bratsch ٢٠٠٦).

إن نباتات الخرشوف تُرش بالجبريللين فى المناطق الحارة لحث الارتباع vernalization وتحسين المحصول. ولقد وُجد أن رش نباتات الصنف Green Globe من الخرشوف *Cynara cardunuculus* بالجبريللين مرتين بتركيز ٢٠ مجم/لتر فى مرحلة تكوين الورقة الحقيقية الثامنة فى جو حار أدى إلى زيادة المحصول وجودة النورات دون إحداث تأثيرات سلبية على موروفولوجى النمو الخضرى أو فسيولوجى الأوراق. لقد أدت هذه المعاملة إلى زيادة المحصول بنسبة ١٣٪، وزيادة محتوى النورات من حامض الكلوروجنك بنسبة ١٩٪، والسينارين cynarin بنسبة ٣٠٪، والنيتروجين الكلى بنسبة ٢٠٪، مقارنة بالرش فى مرحلة تكوين الورقة الحقيقية الرابعة. هذا.. إلاّ إن الرش فى مرحلة الورقة الحقيقية الثامنة أخَّر الحصاد بمقدار ١٠ أيام، مقارنة بالرش فى مرحلة الورقة الحقيقية الرابعة، وهى المعاملة التى قصَّرت موسم النمو وبكرت الحصاد (Othman & Leskovar ٢٠٢٢).

معاملات التغلب على الشدِّ الملحى

وجد أن رش النمو الخضرى بحامض السلسيلك بتركيز ١ مللى مول أدت إلى زيادة إنتاج الخرشوف من البرولين فى مختلف تركيزات الملوحة (كنترول، و٨ و١٤ ديسى سيمنز/م)، والحد من أضرار الملوحة.

وجدير بالذكر أن زيادة معاملتى الملوحة وحامض السلسيلك خفَّضت من المحتوى الفينولى الكلى. وأحدثت معاملة حامض السلسيلك خفضًا جوهريًّا فى التسرب الأيونى — الذى حدث بفعل زيادة الملوحة — وذلك مقارنة بالكنترول (Daghoghian وآخرون ٢٠١٧).

المنشطات الحيوية

تحتوى أوراق الخرشوف على مركبات صيدلانية كثيرة؛ حيث يوجد فى مستخلصاتها مستوى عالٍ من المركبات المفيدة صحيًّا وعلى أعلى محتوى من مضادات الأكسدة من بين جميع الخضروات. ولقد أظهر تلقيح النباتات بستة فطريات ميكوريزا (AMF) تنتمى إلى أجناس وأنواع وعزلات مختلفة.. أظهر أن استعمارها للجذور كان أعلى جوهريًا على الصنف Romanesco عما كان على Tema. ومقارنة بالكنترول.. أعطت الميكوريزا *Claroideoglomus claroideum* 22W3 أعلى زيادة جوهرية فى الفينولات الكلية وحامض الكلوروجنك chlorogenic acid، بينما أعطت كل من تلك الميكوريزا والميكوريزا *Funneliformis mosseae* IMA1 أعلى زيادة جوهرية فى محتوى مضادات الأكسدة بالأوراق. وقد وُجد ارتباط قوى بين محتوى الفينولات الكلية ومحتوى مضادات الأكسدة بالأوراق (Avio وآخرون ٢٠٢٠).

التلقيح لإنتاج البذور

وُجد أن نوعا نحل عسل *Apis mellifera ligustica*، و *A. mellifera sicilliana* يعملان جيدًا فى تلقيح أزهار الخرشوف من صنف حوض البحر الأبيض المتوسط Violetto di Sicilia، بينما يعمل نوع النحل الطَّنان *Bombus terrestris* جيدًا فى تلقيح الصنف البرازيلى NP4 (Mazzeo وآخرون ٢٠٢٠).

الفصل السابع

البامية

معاملات البذور

أدى مجرد نقع بذور البامية فى الماء (hydropriming) لمدة ١٢ ساعة إلى زيادة المحصول حتى ٥٥٪، وكذلك زيادة المحصول الصالح للتسويق. وقد أدت المعاملة إلى زيادة نسبة الإنبات وقوته وسرعته (Sharma وآخرون ٢٠١٤).

الـرى

تستجيب البامية للرى الجيد الذى يعوض كل الماء المفقود بالنتح والتبخر (١٠٠٪ من ETc) بالتحسن فى الخصائص الفسيولوجية التى تتعلق بالمحتوى الكلوروفيللى للأوراق، ويزداد المحصول بنسبة ٣٣٨,٧٪، مقارنة بالمحصول فى حالة الخفض الشديد لماء الرى (٢٥٪ من ETc) (dos Santos Farias وآخرون ٢٠١٩).

معاملات التغلب على عوامل الشد البيئى

الملوحة

ازداد نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة جوهريًّا فى البامية بتعريضها لتركيزات متزايدة من الملوحة من ٥٠ إلى ١٠٠ وإلى ١٥٠ مللى مول كلوريد صوديوم، وخاصة فى التركيزات العالية (١٠٠، و١٥٠ مللى مول كلوريد صوديوم)؛ هذا.. إلاّ إن نشاط الكاتاليز ازداد أكثر فى وجود حامض السلسيلك بتركيز $١٠^{-٦}$ مللى مول أو إندول حامض الخليك بتركيز ٠,٤ مللى مول، بينما كان نشاط الإنزيمين جلوتاثيون بيروكسيديز والسوبرأوكسيد بيروكسيديز ضعيفًا فى معاملتى حامض السلسيلك وإندول حامض الخليك (Esan وآخرون ٢٠١٧).

المنشطات الحيوية

من بين ثلاثين عزلة بكتيرية حُصِلَ عليها من الفيرميكمبوست أمكن التعرف على عزلتين كانتا قادرتين على إذابة الزنك من مصادر معدنية غير ذائبة، مثل ZnO، و $ZnCO_3$. كانت العزلتان من *Pseudomonas* spp.، وأعطيتا الرمزين الكوديين VBZ4، و VBZ17. وعندما عُومِلت بذور البامية بالعزلتين معًا فإنهما أثبتا فاعلية فى تحسين النمو النباتى وفى زيادة محتوى قرون البامية من الزنك إلى ٢,٨٥ مجم/١٠٠ جم (Karnwal ٢٠٢١).

معاملات التغلب على أضرار البرودة أثناء التخزين

أدت معاملة قرون البامية بالميثيل جاسمونيت methyl jasmonate بتركيز $١٠^{-٤}$ إلى $١٠^{-٣}$ مولار لمدة ١٦ ساعة على ٢٥ ْم — قبل تخزينها على ٤ ْم مع ٩٠٪–٩٥٪ رطوبة نسبية — إلى خفض التسرب الأيونى منها وتأخير التغيرات فى لونها؛ أى إنها أدت إلى الحد من أضرار البرودة؛ الأمر الذى ربما كان مرده إلى منع المعاملة لتأكسد الدهون الذى يُستحث بالبرودة (Boontongto وآخرون ٢٠٠٧).

الفصل الثامن

البصل والثوم

البصل

التسميد

الاحتياجات السمادية

عندما يكون محصول أبصال البصل فى حدود ٦٠ طنًّا للهكتار (٢٥,٢ طن/فدان) فإنه يُزيل من التربة — حتى وقت حصاده – ١٠٨ كجم من النيتروجين (N) للهكتار، و (٤٥,٤ كجم/فدان)، و٢١ كجم من الفوسفور (P) للهكتار (٨,٨ كجم/فدان)، و ١٢٠ كجم بوتاسيوم (K) للهكتار (٥٠,٤ كجم/فدان). ومع الأخذ فى الاعتبار ما يتواجد فى الستين سنتيمترًا العلوية من التربة من تلك العناصر (أى فى العمق الذى يحصل منه البصل على احتياجاته من العناصر)، فإنه يلزم التسميد بنحو ١٢٠–١٤٠ كجم N، و ٢٢–٢٦ كجم P، و١٥٠ كجم K للهكتار (٥٠,٤–٥٨,٨ كجمN، و ٩,٢–١٠,٩ كجم P، و ٦٣ كجم K للفدان). ويبلغ امتصاص النباتات من العناصر الكبرى — وكذلك الكبريت — أقصى معدل لها وهى بعمر ١٥–٦٠ يومًا بعد الشتل؛ ولذا.. تجب إضافة الأسمدة قبل مرور ٦٠ يومًا بعد الشتل. وتكون استفادة نباتات البصل من الأسمدة أكبر عند إضافتها مع ماء الرى بالتنقيط (Khokhar ٢٠١٩).

ونظرًا لسطحية وضَعف النمو الجذرى للبصل، فإن كفاءة استعمال النبات للسماد الآزوتى غالبًا ما تكون منخفضة، مع توقع زيادة الفقد فى النترات بالرشح. هذا وتعتمد الاحتياجات من النيتروجين — غالبًا — على كمية المحصول. وفى المتوسط .. فإن ٦٥٪ من النيتروجين الكلى فى الأجزاء الهوائية من النبات يكون فى البصلة، بينما يكون ٣٥٪ منه فى الأوراق. وينخفض تركيز النيتروجين فى الكتلة البيولوجية بتقدم موسم النمو. وعند الحصاد تحتوى الأبصال — فى المتوسط — على ١,٧ كجم N/طن من

محصول الأبصال. ويتوقف المعدل المثالى من التسميد الآزوتى على عوامل غير سمادية، مثل النترات المتبقية فى التربة، والنترات فى ماء الرى، والنيتروجين المتمعدن من المادة العضوية فى التربة خلال موسم النمو، وجميعها عوامل تتباين كثيرًا من موقع لآخر. ولذا.. فإن أفضل مستوى للتسميد بالنيتروجين يجب أن يُحدَّد لكل موقع. ولا يوجد اتفاق حول أفضل صورة للتسميد بالنيتروجين. ويمكن زيادة كفاءة استعمال النيتروجين باستخدام الأسمدة بطيئة التيسر، وبإضافة السماد على دفعات تتفق مع مراحل النمو واحتياجات النبات.

كذلك تفيد إضافة النيتروجين سرسبة أو فى حزام band عن إضافته نثرًا. هذا ويؤثر توفر النيتروجين على جودة الأبصال، حيث تؤدى زيادته إلى زيادة حجم الأبصال وإلى انخفاض حالات الشمرخة، فى الوقت الذى يمكن أن تؤدى زيادة النيتروجين عن حاجة النبات إلى زيادة حالات الرقبة السميكة والتبرعم وأعفان الأبصال أثناء التخزين (Geisseler وآخرون ٢٠٢٢).

الاستجابة للتسميد بالعناصر الدقيقة

وُجد أن تسميد البصل بالعناصر الدقيقة: البورون، والنحاس، والزنك بمعدل ٢، و٤، و٢ كجم/هكتار (٠,٨٤، و ١,٦٨، و٠,٨٤ كجم/ فدان) — على التوالى – أدت إلى زيادة حرافة الأبصال، كما أدى التسميد بالبورون بمعدل ١ كجم/هكتار (٠,٤٢ كجم/فدان) إلى زيادة صلابة الأبصال. ولم يؤثر التسميد بتلك العناصر الدقيقة على المواد الصلبة الذائبة، والحموضة المعايرة، والنسبة بينهما فى الأبصال، كما لم يؤثر على لون الأبصال. وكانت استجابة البصل للتسميد بتلك العناصر بهذا الترتيب: $B > Cu > Zn$ (Bertino وآخرون ٢٠٢٢).

أهمية منشطات النمو فى خفض الاحتياجات السمادية

أظهرت دراسة عومل فيها البصل بمستويين من التسميد المعدنى (١٠٠٪، و٧٥٪ NPK)، وأربعة أنواع من بكتيريا المحيط الجذرى المنشطة للنمو، التى عُوملت بها

الشتلات بالغمس قبل الشتل، ما يلى:

١- أعطت معاملة ١٠٠٪ NPK مع منشطات النمو *Azotobacter* sp. + *Burkholderia* sp. + *Shingobacterium* sp.، وكذلك معاملة ١٠٠٪ NPK مع منشطى النمو *Bacillus* sp. + *Azotobacter* sp. زيادة فى المحصول قدرها ١٢,٠٪، و٧,٥٪، على التوالى، مقارنة بمعاملة الكنترول التى حصلت على ١٠٠٪ NPK بدون منشطات نمو.

٢- كذلك أعطت معاملة ٧٥٪ NPK مع منشطات النمو *Azotobacter* sp. + *Burkholderia* sp. + *Bacillus* sp. زيادات فى المحصول تراوحت بين ٣,٧٪، و ٨,٦٪ أعلى عن معاملة الكنترول.

٣- حسّنت مختلف منشطات النمو من صفات النمو (ارتفاع النبات، وعدد الأوراق)، وصفات المحصول (محصول الأبصال ووزن ٢٠ بصلة، وقطر البصلة)، وصفات جودة الأبصال (حامض الأسكوربك ومحتوى المواد الصلبة الذائبة الكلية وحامض البيروفك والمادة الجافة)، وخفّضت من الفقد الفسيولوجى فى الوزن أثناء التخزين لمدة ١٥-١٢٠ يومًا على حرارة الغرفة.

٤- أعطت المعاملة الثلاثية بـ *Azotobacter* sp. + *Sihingobacterium* sp. + *Burkholderia* sp. أفضل النتائج فى معظم الصفات، وتلتها المعاملة المزدوجة بـ *Bacillus* sp. + *Azotobacter* sp.

٥- لم يظهر سوى تحسّن غير جوهرى فى مختلف خصائص التربة التى دُرست.

٦- وبذا.. فإنه مع التلقيح بتلك المنشطات يمكن خفض مستوى التسميد المعدنى إلى ٧٥٪ NPK دون حدوث أى نقص فى المحصول (Tinna وآخرون ٢٠٢٠).

معاملات التغلب على عوامل الشدِّ البيئى

الجفاف

أدى رش نباتات بصل نامية فى أرض ملحية جيرية وتحت ظروف شدٍّ رطوبى (الرى بـ ٨٠٪ أو ٦٠٪ من النتح التبخرى).. أدى الرش بالبرولين بتركيز ١-٢١ مللى مول إلى

تحفيز النمو والوضع المائى النباتى، وكفاءة البناء الضوئى، وزادت كفاءة استخدام المياه بنسبة ٥٠٪ عن معاملة الكنترول. وأحدثت المعاملة بالبرولين زيادة فى محتوى النباتات من السكريات الذائبة، وخفضًا فى محتوى البرولين والأحماض الأمينية، وحفَّزت المعاملة بوضوح من خصائص نمو النباتات بسبب زيادة المحافظة على سلامة الأغشية الخلوية ومحتوى الأوراق المائى وكفاءة البناء الضوئى، وزيادة المحتوى من الحاميات الأسموزية. ولم تكن لمعاملة الرش تأثيرات يُعتد بها على النباتات التى لم تكن معرضة لشدِّ الجفاف (Semida وآخرون ٢٠٢٠).

الملوحة

أدى رش نباتات البصل من صنف جيزة أحمر، وجيزة ٢٠ النامية فى تربة ملحية (EC = ٨,٨١ ديسى سيمنز/م) بعسل النحل المخفف، وذلك بمعدل ٢٥–٥٠ جم/لتر إلى حماية النباتات من شدِّ الملوحة؛ بتعديله للنظام المضاد للأكسدة، وبزيادته لإنتاج الكتلة البيولوجية ومحصول الأبصال وكفاءة استخدام المياه، ومحتوى الأوراق من الكلوروفيل والصبغات وثبات الأغشية الخلوية، والمحتوى المائى النسبى ومضادات الأكسدة الإنزيمية وغير الإنزيمية بالصنفين (Semida وآخرون ٢٠١٩).

التأثير الإيجابى للزراعة العضوية على القيمة الغذائية والطبية

ازداد جوهريًّا محتوى أبصال البصل من الفينولات الكلية والفلافونويدات الكلية، ومن النشاط المضاد للأكسدة فى الزراعة العضوية عما فى الزراعة التقليدية (Ren وآخرون ٢٠١٧).

الثـــوم

أهمية مستخلص الثوم فى المجالين الطبى والزراعى

تتميز المركبات التى تتواجد فى مستخلص الثوم بخصائصها المضادة للبكتيريا والفطريات، وبتأثيرها على الكائنات الأخرى allelopathic effects. كذلك وجد أن مستخلص الثوم يُحسِّن صفات الجودة وحالة التربة فى ظروف الشدِّ البيئى والبيولوجى.

وأدت معاملة بذور بعض الخضر بمستخلص الثوم إلى التأثير إيجابيًّا على الإنبات ونمو البادرات، وبخاصة النمو الجذرى. ويعمل مستخلص الثوم كمحفز بيولوجى لتحفيز تمثيل الأوكسين وانتقاله فى النبات؛ مما يحفز النمو الجذرى (Hayat وآخرون ٢٠٢٢).

التكاثر بالبلابل الزهرية

تُنتج أصناف الثوم التى تكون شماريخ زهرية بلابل زهرية (بصيلات صغيرة) فى الشمراخ الزهرى، وهى التى قد تُستعمل فى التكاثر. ولا يجب الاعتقاد بخلو هذه البلابل من الإصابات الفيروسية، إذا إنها قد تصيبها وهى فى مراحل مبكرة جدًّا من تميز النورة الزهرية، فى الوقت الذى يبدأ فيه الجهاز الوعائى فى التميز، وتظهر الفيروسات التى تُصيبها — بوضوح — فى نباتات مزارع الأنسجة التى تتولد منها (Bhusal وآخرون ٢٠٢١).

أهمية التسميد بالكبريت

ازداد محتوى الثوم من البروتين الكلى ومن تركيز الأليسين allicin والثيوسلفينات thiosulfinates الأخرى والنشاط المضاد للأكسدة والفينولات الكلية وحامض البيروفك بزيادة جرعات الكبريت المسمد به من ١٥ إلى ٣٠، و٤٥ كجم للهكتار (٦,٣، و١٢,٦، و١٩ كجم/فدان). وعند جرعات ٦٠، و٧٥ كجم/هكتار ازداد امتصاص الكبريت، بينما انخفضت نسبة النيتروجين إلى الكبريت. أما محصول الثوم فقد ازداد بزيادة التسميد بالكبريت حتى ٣٠ كجم فقط للهكتار (Thangasamy وآخرون ٢٠٢١).

الفصل التاسع

الأسبرجـس

التكاثر

تيجان مزارع الأنسجة

أمكن تخزين تيجان الأسبرجس "المينى" المنتجة فى البيئات الصناعية لمدة سنتين على بيئة صناعية دون أدنى تأثير على حيويتها؛ علمًا بأن بيئة التخزين كانت موراشيح وسكوج مزودة بما يلى: ٣٪ سكروز، و٤٪ سوربيتول sorbitol، و ٠,٤ مجم/لتر من الثيامين thiamine، و٢٠٠ مجم/ لتر من الجلوتامين glutamine، و١٠٠ مجم/لتر من الإنوزيتول inositol، وملليجرام/لتر من الأنسيميدول ancymidol، و٠,٨٪ أجار. أما ظروف التخزين فكانت حرارة ٦ْم وإضاءة ١٦ ساعة بشدة ٧٠–٩٠ ميكرومول لكل م٢ لكل ثانية (Fletcher ١٩٩٤).



شكل (٩–١): شتلات أسبرجس جاهزة للزراعة بعد إنتاجها فى طاولات الإنتاج السريع للشتلات speedling trays (عن Takatori وآخرين ١٩٨٠).

إنتاج الشتلات

لا تناسب صوانى إنتاج الشتلات الفوم إنتاج شتلات الأسبرجس لأن جذوره قوية النمو، ويمكنها النمو من خلال الفوم. ويعنى زراعته فيها أن الشتلات يتعين عند إخراجها من الصوانى قطع جذورها ، ومن ثم الإضرار بها. هذا.. إلا إنها تستخدم بالفعل إذا أمكن المحافظة على صلية الجذور كما يتبين من شكل (٩-١).

فى طاولات الإنتاج السريع للشتلات speedling trays (عن Takatori وآخرين ١٩٨٠).

إنتاج التيجان

يتعين التخطيط لإنتاج عدد من التيجان يزيد عما هو مطلوب بالفعل لأجل السماح بانتخاب التيجان القوية السليمة ويكفى عادة حوالى ٥٠٠ جم من البذور لإنتاج تيجان تكفى لزراعة فدان.

تُفضل لإنتاج التيجان التربة الطميية الرملية، وأن يكون الـ pH فى حدود ٦-٧.

تنقع البذور ابتداء فى الماء على حرارة ٣٢ْم لمدة ٣-٤ أيام، لأجل تليين غطاء البذرة؛ مما يسمح بإنباتها مبكرًا. وتزداد أهمية هذا الإجراء عندما تكون الزراعة فى تربة باردة.

تجفف البذور وتزرع مباشرة بعد نقعها. ويفضل أن تكون حرارة التربة حوالى ١٥-٣٠ْم. تكون الزراعة على خطوط بعرض ٤٥-٦٠ سم، مع مسافة ٨-١٠ سم بين البذور فى الخط، وعلى عمق ٢,٥-٤ سم.

يضاف السماد الآزوتى قبل الزراعة بمعدل ٣٠ كجمN/فدان، مع ٢٠ كجم N أخرى/فدان تُضاف إلى جانب النباتات بعد حوالى ٣ شهور من الزراعة. كذلك يُسمَّد بالفوسفور والبوتاسيوم حسب تحليل التربة.

تُقلَّع التيجان مبكرًا فى الربيع قبل بدء نمو البراعم فيها، مع تجنب الإضرار بالجذور، مع انتخاب السليمة القوية النمو فيها، والتخلص من الصغيرة جدًّا منها. وعادة يتم التخلص من نحو ٢٠٪-٤٠٪ من التيجان.

تُزرع التيجان مباشرة بعد تقليعها أو تخزن إذا لزم الأمر — فى حرارة ٤ ْم مع تهوية — جيدة (Roddy ٢٠٠٣).

تجنب تجديد زراعة الأسبرجس فى نفس الحقل السابق

من المناسب عند زراعة حقل من الأسبرجس الانتظار لمدة لا تقل عن أربع سنوات من وقت حراثة زراعة قديمة بالحقل قبل إعادة زراعة نفس الحقل؛ لإعطاء فرصة لتحلل جذور الزراعة السابقة، ولخفض تواجد فطر الفيوزاريم فى التربة. هذا.. إلاّ إن بعض المزارعين يعتقدون أن الانتظار لأربع سنوات فقد ليس بكافٍ.

هذا.. وتؤدى إعادة زراعة الأسبرجس مكان زراعات قديمة من المحصول إلى انخفاض محصول المهاميز وحدوث أضرار شديدة بنباتات الزراعة الجديدة، ويرجع ذلك — عند استبعاد المسببات المرضية التى قد تتواجد فى التربة من الزراعة السابقة — إلى المركبات التى تضر بجميع النباتات — بما فى ذلك الأسبرجس — وهى المركبات التى تكون متواجدة فى جذور الزراعات السابقة وتتخلف فى التربة (ظاهرة الـ allelopathy). ولقد وُجد أن حقن التربة فى الزراعات الجديدة بفحم نباتى منشط على صورة متدفقة flowable (مخفف حتى ٢٥–١٠٠ مرة) كان فعَّالاً فى التغلب على ظاهرة الـ allelopathy وحفَّز النمو فى الزراعات الجديدة حتى عمر ٤ سنوات، ولكن تلك المعاملة لم تكن مؤثرة فى الزراعات التى كانت بعمر ٦–٧ سنوات؛ بسبب تشعب وتعمق جذورها وكان الحقن الأعمق أقوى تأثيرًا فى الحد من الظاهرة (Motoki وآخرون ٢٠٠٨).

التأثير السلبى للحرارة العالية على تمثيل الأنثوسيانين

يرجع اللون القرمزى فى أصناف الأسبرجس القرمزية إلى تمثيلها لصبغات أنثوسيانينية، وأمكن التعرف على ١٧ مركبًا منها. ولقد وُجد أن الحرارة العالية (٢٥/٣٨ ْم نهار/ليل، مقارنة بنظام ١٥/٢٥ ْم نهار/ليل) تثبط تراكم الأنثوسيانين فى تلك الأصناف. وتبين أن الصبغتين cyaniding 3-O-arabinoside، و delphinidin 3-O-rutinoside يقل محتواهما جوهريًّا فى القشرة الخارجية peel لمهاميز الأسبرجس القرمزى فى ظروف

الحرارة العالية. كذلك فإن تعبير الجينات ذات العلاقة بتمثيل الأنثوسيانين انخفض، وتعبير الجينات ذات العلاقة بتمثيل اللجنين ازداد فى ظروف الحرارة العالية (Liang وآخرون ٢٠٢٢).

إضافة الملح لحقول الأسبرجس

من المعروف أن زراعات الأسبرجس تستجيب لإضافة ملح كلوريد الصوديوم، فضلاً عن مكافحة ذلك الإجراء لنمو الحشائش. ومع التزايد فى استخدام مبيدات الحشائش لم تعد لإضافة الملح ضرورة، خاصة وأن له تأثير سئ على بناء التربة. ولكن وُجد حديثًا أن إضافة الملح تُفيد فى مكافحة عفن التاج والجذر الفيوزارى، وذلك أمر له أهميته.

وكمبيد للحشائش فإن الملح لا يُفيد إلاّ فى مكافحة الحشائش الصغيرة الثابتة من البذور، لكنه لا يؤثر فى الحشائش الكبيرة. وبينما يُعد الأسبرجس متحملاً للملح فإن الكميات الكبيرة تضر بالمحصول (Kuepper & Thomas ٢٠٠١).

الإنتاج تحت الأنفاق المنخفضة

أدى إنتاج الأسبرجس تحت أنفاق بلاستيكية شفافة أو سوداء مع التغطية بداية من النصف الأول من شهر ديسمبر إلى تحسين الإنتاج. أدى استعمال البلاستيك الشفاف إلى زيادة المحصول وعدد المهاميز المنتجة الكلى والصالحة للتسويق، كما أدى استعمال البلاستيك الأسود إلى زيادة المحصول المبكر جوهريًّا (Ragab ٢٠٠٣).

وأمكن فى جنوب إسبانيا إنتاج الأسبرجس مبكرًا، وذلك باستعمال أقبية بلاستيكية شفافة. وقد ازدادت فترة النمو الخضرى لمدة ستة أسابيع بالتغطية فى منتصف ديسمبر، ولمدة أربعة أسابيع بالتغطية فى منتصف يناير أو ٨ فبراير. وعلى الرغم من بدء الحصاد مبكرًا إلاّ إنه انتهى مبكرًا كذلك. لكن الإنتاج بطريقة الـ mother stalk أدت إلى زيادة المحصول والجودة، مع تمديد فترة الحصاد من يونيو إلى أكتوبر (Cermeño وآخرون ٢٠٠٨).

التسميد

تحليل النبات

عند إجراء التحليل للنموات الخضرية المكتملة النمو عند ارتفاع ٤٥–٩٠ سم أو أعلى من ذلك، فإن مستويات العناصر فى النباتات التى لا تُعانى من أى نقص تكون كما يلى:

العنصر	المحتوى
	(كنسبة مئوية)
النيتروجين	٢,٤–٣,٨
الفوسفور	٠,٣–٠,٤
البوتاسيوم	١,٥–٢,٤
الكالسيوم	٠,٤–٠,٥
المغنيسيوم	٠,١٥–٠,٢٠
	(بالجزء فى المليون)
البورون	٥٠–١٠٠
النحاس	٦–١١
الزنك	٢٠–٦٠
المنجنيز	٢٠–١٦٠

(Fritz وآخرون ٢٠٠٥).

أهمية التسميد بالفوسفور

إنه لمن المعروف من أن التسميد الفوسفاتى الغزير للأسبرجس قبل الزراعة يحفز النمو المبكر، ويزيد من كلٍّ من معدل البناء الضوئى وأيض الكربوهيدرات، ولقد أظهرت دراسة أضيف فيها الفوسفور P بمعدلات متزايدة حتى ٤٥٠ كجم/هكتار (حتى ١٩٠ كجم P/فدان، أو نحو ١٢٢٥ كجم سوبر فوسفات أحادى للفدان) كان تأثيرها محدودًا على محصول المهاميز فى السنتين الثالثة والرابعة بعد الزراعة، بينما حدثت زيادة

خطية فى المحصول بزيادة معدل التسميد الفوسفاتى، وذلك خلال السنتين الخامسة والسادسة بعد الزراعة، وترافقت تلك الزيادات مع زيادات فى الكتلة البيولوجية للجذور ومحتوى الكربوهيدرات بالجذور (Drost ٢٠٠٨). وتتفق نتائج تلك الدراسة جزئيًّا مع الخبرة الشخصية للمؤلف الذى حصل على زيادات كبيرة فى محصول المهاميز وسمكها بداية من العام الثانى بعد الزراعة عندما أضيف سماد السوبر فوسفات مع الكومبوست بمعدلات عالية فى باطن خط الزراعة قبل الزراعة.

المنشطات الحيوية

دُرس تأثير معاملة تلقيح الأسبرجس بفطر الميكوريزا *Glomus intradices*، ووُجد أن المعاملة أحدثت ما يلى:

١- زيادة الكتلة البيولوجية وتحمل الحرارة العالية (٤٢/٣٧ْم ليل/نهار) بوضوح.

٢- انخفاض واضح فى سرعة التلون البنى للأوراق (الـ cladophyll) فى الحرارة العالية.

٣- زيادة فى نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة: السوبر أوكسيد ديسميوتيز والأسكوربيت بيروكسيديز.

٤- زيادة فى النشاط المضاد للأكسدة فى كل درجات الحرارة المختبرة (٢٥/٢٠ْم، و٣٥/٣٠ْم، و ٤٢/٣٧ْم ليل/نهار).

٥- زيادة النمو ومحتوى العناصر المعدنية (Yeasmin وآخرون ٢٠١٩).

أهمية التخلص من النموات الخضرية فى الخريف

يكتسب الأسبرجس القدرة على تحمل التجمد – طبيعيًّا – خلال فترة من الأقلمة فى الخريف عندما تقصر الفترة الضوئية، وتنخفض درجة الحرارة. وقد وُجد أن معاملات التخلص من النموات الخضرية فى العام الثانى للزراعة خفَّضت من قيم الـ LD_{50}، وهى الحرارة التى يموت عندها ٥٠٪ من النباتات؛ أى زادت من القدرة على

تحمل الصقيع؛ الأمر الذى ربما قد حدث جرَّاء تفاعل بين عملية التخلص من النمو الخضرى والجفاف أدى إلى زيادة محتوى الريزومات من السكروز. ولقد قلل التخلص من النمو الخضرى من قوة النمو فى الربيع، وتناسبت الاستجابة مع التبكير فى عملية التخلص من النمو الخضرى، وتواكبت مع مستويات الفرُكتان fructan فى كلٍّ من الريزوم والجذور الخازنة. ولقد احتوت تيجان النباتات التى أُزيلت نمواتها الخضرية فى منتصف أغسطس على تركيزات عالية من البرولين فى الخريف كانت مماثلة لما حدث فى نباتات الكنترول؛ بما يُفيد احتمال استشعار الأجزاء تحت الأرضية من النبات لحرارة التربة المنخفضة؛ مما يجعلها تتأقلم. هذا.. وعلى الرغم من أن عملية التخلص من النمو الخضرى فى الخريف. تُفيد فى مكافحة الأمراض، وحصاد البذور، وتسهيل العمليات الزراعية الأخرى، إلاّ إنها تقلل من قوة النمو، وتُساعد فى تقليل الأداء طويل المدى لمزرعة الأسبرجس (Nolet & Wolyn ٢٠٢٠).

الحصاد وتأثير الضوء على الجودة

على خلاف ما جرى العُرف عليه من ضرورة الانتظار لعامين قبل بدء الحصاد من حقل الأسبرجس، فإن الخبرة والدراسات الحديثة أوضحت أن الحقل لا يتضرر ولا تتضرر النباتات فى حالة إجراء الحصاد بعد سنة واحدة من الزراعة.

ونجد فى التربة الخالية من فطر الفيوزاريم (التى لم يسبق زراعتها بالأسبرجس) أن فترة حياة زراعة الأسبرجس تتراوح بين ١٥، و٢٠ سنة. ويُعتقد أن قمة الإنتاج تكون فى السنة السادسة أو السابعة، وأن أفضل إنتاج يكون بين السنة السابعة والثانية عشر. ويحدث انخفاض فى الإنتاج بنحو ٥٪ فى السنة العاشرة، ثم سنويًّا بعد ذلك. وبعد السنة الخامسة عشر قد يصبح الحقل غير مجدٍ اقتصاديًّا. هذا.. ويغطى المزارع تكاليف زراعته — عادة — بحلول العام الخامس، ثم يحقق أرباحًا بعد ذلك حتى العام العاشر.

وعند حصاد الأسبرجس الأبيض يجب عدم تعريضه للضوء لمدة تزيد عن ١٥ دقيقة وإلاّ فإنه سوف يكتسب لونًا أخضر. ولذا فإن المهاميز توضع بعد حصادها مباشرة فى أكياس حاجبة للضوء (OSU ٢٠٠٧).

ويؤدى التعرض لموجات ضوئية مختلفة إلى تنشيط عمليات فسيولوجية محدَّدة فى النباتات؛ مما يؤدى إلى حدوث تغيرات فى الصبغات (المركبات الفينولية على سبيل المثال)، والإنزيمات المرافقة لها، والتى منها – على سبيل المثال – فينيل ألانين أمونيا – لاييز phenylalanine ammonia-lyase (اختصارًا: PAL) و guaiacol peroxidase (اختصارًا: POD). ومن أمثلة تلك التغيرات اللونية احمرار قواعد مهاميز الهليون بعد الحصاد بسبب تحفيز تمثيل الأنثوسيانين وتراكمه فى خلايا البشرة. وفى دراسة أُجريت على المهاميز البيضاء للصنف Gijnlin بعد الحصاد لم تؤثر نوعية الإضاءة (UV-C أو الضوء الأزرق أو الأحمر أو الضوء الأبيض) على معدل تنفس المهاميز، لكن الضوء الأبيض حَفَّز تمثيل الأنثوسيانين من خلال زيادته لنشاط PAL، بينما ثبَّط الضوء الأحمر والأشعة فوق البنفسجية ج – بشكل واضح – تمثيل الأنثوسيانين ترافق مع تغير فى نشاط PAL. وحَفَّز الضوء الأزرق تمثيل الأنثوسيانين فى قمة المهاميز بنفس درجة تحفيز الضوء الأبيض لها. هذا وكان تأثر نشاط الإنزيمين PAL و POD بدرجات متباينة تبعًا لنوعية الضوء، مع التفاوت فى التأثير بين قمة المهماز وقاعدته (Huyskens-Keil وآخرون ٢٠٢٠).

الفصل العاشر

الكرنبيات

الأنواع المحصولية للكرنبيات وأسمائها العلمية

باستثناء محصولين (الفجل وفجل الحصان) من الخضر التى تتبع العائلة الصليبية (أو الكرنبية) Brassicacea، فإنها جميعًا تتبع الجنس *Brassica*، ولثلاثة أنواع species يندرج تحت كل منها عدة تحت أنواع subspecies (اختصارًا: .subsp) أو أصناف نباتية botanical varieties (اختصارًا: .var) ويندرج تحت كل منها عدة تحت مجموعات subgroups، كما يلى:

أولاً: النوع *Brassica oleracea* (٢ن= ١٨ كروموسوم) ينتمى للنوع oleracea الخضر التالية:

١- الكرنب الأبيض subsp. (var.) *capitata*, subgroup *alba*, cabbage

٢- الكرنب الأحمر subsp. (var.) *capitata*, subgroup *rubra*, red cabbage

٣- الكرنب المجعد subsp. (var.) *capitata*, subgroup *sabauda*, savoy cabbage

٤- القنبيط subsp. (var.) *botrytis*, subgroup *cauliflora*, cauliflower

٥- البروكولى subsp. (var.) *botrytis*, subgroup *cymosa* (*italica*); broccoli

٦- كرنب بروكسل subsp. (var.) *gemmifera*, Brussels sprouts

٧- الكيل والكولارد subsp. (var.) *acephala*, subgroup *laciniata*, kale, collards

٨- الكولارد ذات الأوراق الملساء subsp. (var.) *acephala*, subgroup *plana*, smooth-leafed kale

٩- الكيل متعدد الرؤوس subsp. (var.) *acephala*, subgroup *millecapitata*, thousand-head kale

١٠- الكيل الشجيرى subsp. (var.) *acephala*, subgroup *palmifolia*, tree kale

١١- الكيل الساقى subsp. (var.) *acephala*, subgroup *medullosa*

١٢- كرنب أبوركبة subsp. (var.) *gongylodes*, subgroup *caulo-rapa*, kohlrabi

ثانيًا: النوع *Brassica campestris* (٢ن = ٢٠ كروموسوم)

ينتمى للنوع *campestris* الخضر التالية:

١- الباك شوى (يشبه الخس الرومين) subsp. (var.) *chinensis*, Bok choy. Chinese mustard, pak-choi, celery mustard

٢- الكرنب الصينى (يشبه السلق السويسرى) subsp. (var.) *pekinensis*, pe-tsai, Chinese cabbage, celery cabbage

٣- البروكولى اللفتى subsp. (var.) *ruvo*, broccoli-raab, rapa, rapine, turnip broccoli; grown for greens, unopened flower buds and stems.

ثالثًا: النوع *Brassica napus*

ينتمى للنوع *napus* الخضر التالية:

١- اللفت (٢ن = ٢٠ كروموسوم) subsp. (var.) *rapifera*, turnip

٢- الروتاياجا (٢ن = ٣٨ كروموسوم) subsp. (var.) *napobrassica*, rutabaga

أما الفجل فاسمه العلمى *Raphanus sativus*، وفجل الحصان اسمه العلمى *Armoracia rusticana* (عن Rhodes ٢٠٠٦).

عدم التجانس فى إنبات بذور الكرنبيات

قد يوجد فارق يزيد عن ٣٠ يومًا بين الأزهار المبكرة (القاعدية) والمتأخرة (القمية) بالنورة الراسيمية الرئيسية بالكرنبيات مثل الكرنب والبروكولى والكرنب بروكسل، أما الراسيمات الجانبية العديدة فإنها تكون أقصر طولاً عن النورة الرئيسية؛ ومن ثم يحدث فيها الإزهار خلال فترة أقل من الوقت. والنتيجة هى أن النبات يحمل بذورًا فى درجات متباينة من النضج الفسيولوجى، وبمستويات مختلفة من الرطوبة. وطبيعى أن إنبات تلك البذور يتحسن بزيادة نضجها، ولكن ذلك لا يتحقق فى لوط البذور التى يكون حصادها فى وقت واحد، وينعكس ذلك على قوة البذور seed vigor، ألا وهى مجموع الخصائص التى تُحدد القدرة على الإنبات السريع المتجانس وإنتاج بادرات طبيعية فى مدى واسع من الظروف البيئية (Still ١٩٩٩).

الكرنب

اختبار فرز البذور القديمة بهدف تحسين نسبة إنبات اللوطات بعد فرزها

تم فرز بذور كرنب بعمر ١٤ سنة باستخدام مجس لاستشعاع (فلورة) الكلوروفيل بغلافها البذرى، وهو الذى يدوم فيه أثناء التخزين. ولقد أظهرت البذور ذات الاستشعاع الكلورووفيللى المنخفض إنباتًا وقوة إنبات أعلى جوهريًا؛ حيث كانت أقل احتواء على البذور ذات الغطاء الصلد، وحسَّنت عملية الفرز إنبات بذور الكرنب القديمة بنسبة حوالى ١٦٪. وبذا.. فإن اختبار استشعاع الكلوروفيل يمكن استعماله كدليل آمن على قدرة البذور على الإنبات. ويمكن استعمال تلك التقنية فى تحسين إنبات لوطات بذور الكرنب؛ وبذور أى نوع آخر يوجد الكلوروفيل بأغلفة بذوره، ويستمر فيه الكلوروفيل أثناء التخزين (Yadav وآخرون ٢٠١٥).

أهمية الشتل العميق

أفاد شتل الكرنب عميقًا فى التربة (تحت مستوى قمة صلية الجذور بنحو ٢ سم) فى مقاومة النباتات بعد ذلك للرقاد؛ ربما بسبب زيادة انتشار الجذور فى التربة؛ الأمر الذى

يحمى الرؤوس من التلوث بالتربة ويزيد من كفاءة عملية الحصاد الآلى (Yamamoto وآخرون ٢٠١٥).

الجوانب الإيجابية فى التعريض لشدٍّ الجفاف

أدى تعريض الكرنب الأحمر لشدِ جفافى لفترة طويلة إلى زيادة محتواه من الأنثوسيانينات والفينولات. ومع زيادة التعرض لشدٍّ الجفاف تراوح محتوى الأنثوسيانين بين ٣٠,٧٢، و٥١,٢٧ مجم سيانين – ٣ جلوكوز/١٠٠ جم، والفينولات بين ١٧٥، و٣١٥,٧ مجم GA/١٠٠ جم وزن طازج، وتضادية الأكسدة بين ٢٥٦,٠٢، و٣٢٧,٠٠ مجم trolox/١٠٠٠ جم وزن طازج (Erken ٢٠٢٢).

التأثيرات السلبية لزيادة تيسر العناصر الصغرى

النحاس

أدت زيادة النحاس فى المحاليل المغذية للكرنب والبنجر (حتى ١,٠٢ مجم/لتر) إلى الحد من النمو، وإلى تراكم العنصر فى الأعضاء النباتية؛ مما يشكل خطورة على صحة الإنسان الذى يتناول تلك الخضر فى غذائه (Schmitt وآخرون ٢٠٢٠).

المنجنيز

مع الزيادة فى مستوى المنجنيز فى مزرعة مائية من صفر حتى ٤٠٠ مللى مول ازداد محتوى النمو الخضرى للكرنب وجذوره من الكربوهيدرات الذائبة والبروتين وحامض الأسكوربك، إلاّ إن التركيزات العالية جدًّا من المنجنيز قللت من تلك المكونات (Ghorbanli وآخرون ٢٠١٥).

تأثير التغذية بالسيلينيم على النمو والفسيولوجى

من المعروف أن السيلينيم يُعد عنصرًا ضروريًّا للإنسان والحيوان. ويُعد نقص السيلينيم فى الإنسان أمرًا شائعًا بسبب نقص محتوى النباتات من العنصر. وفى محاولة لزيادة محتوى الكرنب من السيلينيم أُجريت دراسة على صنفين من المحصول،

وخُصِّبت النباتات بتركيز صفر، و١٥، و٣٠، و٦٠ ميكرومول من العنصر على صورة سيلنيت selenate أو سيلينايت selenite. وقد ازداد محتوى رؤوس الكرنب من العنصر بزيادة تركيزه المعامل به حتى ٦٠ ميكرومول، دون حدوث أى تأثير على تركيز النيتروجين والفوسفور والكبريت بالرؤوس. وعند مستوى السيلينيم المنخفض (٥ ميكرومول) حدثت زيادة فى صافى البناء الضوئى، وتوصيل الثغور، وتركيز الكربون الداخلى، والنتح، مع زيادة فى مستويات صبغات البناء الضوئى؛ مما أدى إلى زيادة تزيد عن ١٠٠٪ فى الوزن الجاف للرأس والمحصول. واختلفت استجابة الصنفين، لكن كلاهما استجاب للتغذية بالسيلينيم. وقد أوصى بالمعاملة بأى من صورتى السيلينيم بتركيز ٥ أو ١٥ ميكرومول لأجل زيادة تركيز العنصر بالرؤوس (de Almeida وآخرون ٢٠٢٢).

التغلب على أضرار شد الحرارة العالية بالمعاملة بالشيتوسان

فى ظروف الحرارة العالية باعتدال (٢٤/٢٨ ْم نهار/ليل) والعالية جدًّا (٣٢/٣٦ ْم نهار/ليل) التى أعقبت الرش الورقى للكرنب بالشيتوسان بتركيز ٢٠٠ مجم/لتر عند عمر ٤٢ يومًا بعد الشتل.. أدت هذه المعاملة بعد ثمانية أيام من الرش بالشيتوسان إلى زيادة محتوى الأوراق من حامض الأبسيسك ومنتجات الأيض: حامض الفازيِّك phaseic acid، والـ dihydrophaseic acid، والـ ABA glucose ester، وذلك مقارنة بمعاملة الكنترول. كذلك ازداد محتوى الجلوكوز والفراكتوز فى صنف الكرنب Kimchi بعد ثمانى أيام من الرش بالشيتوسان مع ظروف الحرارة العالية (Sim وآخرون ٢٠٢٢).

القنبيط

الشتلات

عمر وحجم الشتلة

أدى استخدام شتلات القنبيط الأكبر عمرًا (بعمر ٤٠ يوم مقارنة بعمر ٣٠ يوم)، والأكبر حجمًا (مُنتجة فى صوانٍ بها ٩٦ عينًا مقارنة بشتلات منتجة فى صوانٍ بها

١٦٠ عينًا) إلى إنتاج شتلات أفضل، أعطت عند شتلها نباتات أقوى نموًّا وذات مجموع جذرى أكبر حجمًا، وأقراص أفضل نوعية عما كان عليه الحال عندما استُخدمت شتلات أقل عمرًا أو أصغر حجمًا (Cebula ٢٠٠٩).

تعريض الشتلات لحرارة منخفضة

يمكن أن يؤثر تعريض شتلات القنبيط لحرارة منخفضة (٦ °م) إيجابيًّا على تحمل النباتات لظروف الحقل، وزيادة المحصول. فعندما عُرِّضت الشتلات لحرارة ٦ °م لمدة أسبوع واحد أو أسبوعين فى المشتل، فإن ذلك أدى إلى زيادة المحصول جوهريًّا بنسبة ٦,٨٪، و٧,٨٪ على التوالى، مقارنة بمحصول معاملة الكنترول. ولقد أثَّرت تلك المعاملة على كتلة الأقراص، وزادت قليلاً من عدد الأقراص ذات الجودة التجارية الأفضل. وعندما كان التعريض لحرارة ٦ °م لمدة أسبوع ازداد قطر القرص جوهريًّا. ولم تؤثر تلك المعاملة على أى من العيوب الفسيولوجية: التجعد fuzziness، و الزغبية riciness، والتلون البنى browning (Kalisz وآخرون ٢٠١٤).

أهمية التسميد بالبورون

أوصت دراسة بتسميد القنبيط بالبورون B بمعدل ٠,٩–٤,٥ كجم/هكتار (٠,٣٨–١,٩٠ كجم بورون/فدان) لأعلى محصول. هذا.. وقد كانت محتويات النقص والكفاية والسمية للعنصر بالنبات هى: ٢٦، و٣١، و ٤٨ مجم/كجم عند عمر ٥٠ يومًا، و١٧، و٢٤، و٣٥,٥ مجم/كجم عند الحصاد (Batabyal وآخرون ٢٠١٥).

وقد وُجد أن زيادة معدل تسميد القنبيط فى الأصص حتى ٢ مجم/كجم تربة أحدثت زيادة جوهرية فى محصول الأقراص (Padbhushan وآخرون ٢٠١٩).

معاملات التغلب على عوامل الشد البيئى

الجفاف

أدى نقع بذور القنبيط فى حامض الأسكوربك بتركيز ٧٥ أو ١٥٠ مجم/لتر إلى تحسين تحمل البادرات لشدِّ الجفاف؛ الأمر الذى قد يكون مرده إلى تأثير حث حامض

الإسكوربك لحدوث خفض فى نفاذية الأغشية الخلوية وتركيز فوق أكسيد الأيدروجين، ولإحداث زيادة فى نشاط الكاتاليز والسوبرأوكسيد ديسميوتيز أو فى المحتوى المائى النسبى بالأوراق، وتركيزات المركبات الفينولية الكلية والبرولين والجليسين ببتين وحامض الأسكوربك (Latif وآخرون ٢٠١٦).

الملوحة

أثر الرى بماء ملحى سلبيًّا على نمو القنبيط — أساسًا — عندما أُجرى فى مراحل النمو الأوْلَى. وعندما كان الرى بالماء الملحى خلال مرحلة تكوين الأقراص انخفض المحصول بسبب الحد من تراكم الماء فى القرص. ويُستفاد مما تقدم إمكان إنتاج قنبيط صالح للتسويق فى ظروف الملوحة بتوقيت الرى بالمياه العذبة خلال مرحلة النمو الأوْلَى، لتجنب الحد من النمو، ثم خلال مرحلة تكوين الأقراص لتجنب التأثير السلبى للملوحة على المحصول (Giuffrida وآخرون ٢٠١٧).

أحدثت معاملة بذور القنبيط والبروكولى بمحلول لكلوريد الصوديوم بتركيز ١٠٠ أو ١٥٠ أو ٢٠٠ مللى مول خفضًا فى إنبات البذور وفى قوة نمو البادرات، ودليل الإنبات، ودليل قوة النمو المبكر للبادرات، مع زيادة فى الوقت اللازم للإنبات. وعندما حُضِّنت البذور قبل زراعتها لمدة يومين فى الظلام فى مخلوط من البذور والفيرميكيوليت والماء بنسبة ١: ١٫٥: ٢ (وزن/وزن/حجم) للبروكولى، وبنسبة ١: ١٫٥: ١ (وزن/وزن/حجم) للقنبيط. عندما عُرِّضت البذور لتلك المعاملة لمدة يومين على ١٥ °م، ثم لمدة يومين على ٢٠ °م فى الظلام كذلك، فإن البذور المعاملة أظهرت زيادة فى قوة الإنبات، ودليل الإنبات، ودليل قوة النمو، وخفض فى متوسط وقت الإنبات، مقارنة بما حدث فى البذور التى لم تُعامل سواء أكانت قد تعرضت لشدِّ الملوحة، لأم لم تتعرض. ولقد أدت تلك المعاملة (التى يُطلق عليها اسم solid matrix priming) إلى زيادة فى نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة: بيروكسيديز وكاتاليز، وفى محتوى البرولين والسكر الذائب، والبروتين الذائب فى كلٍّ من بادرات البروكولى والقنبيط (Wu وآخرون ٢٠١٩).

سمية الأمونيوم

نُمِّى القنبيط والبروكولى فى مزرعة رملية استُخدِم فيها محلول مغذٍ يحتوى على ١٥ مللى مول من النيتروجين بنسبة نترات إلى أمونيوم ١٠٠/صفر أو ٥٠/٥٠ أو صفر/١٠٠ فى وجود أو عدم وجود السيليكون (سيلكات الصوديوم والبوتاسيوم) بتركيز ٢ مللى مول. وقد وُجد أن السيليكون حدَّ من سُمية الأمونيوم فى القنبيط بالمحافظة على سلامة الأغشية الخلوية، وفى البروكولى بزيادة كفاءة استعمال الماء. وقد كان التأثير المفيد للسيليكون على القنبيط عندما كان ٥٠٪ من النيتروجين — الذى كان بتركيز ١٥ مللى مول — فى صورة أمونيوم. وفى البروكولى أفاد السيليكون فى تحسين تأثير النترات وتجنب سُمية الأمونيوم (Barreto وآخرون ٢٠١٧).

الفجل

أغطية التربة البلاستيكية

دُرس تأثير استعمال أغطية التربة البلاستيكية الشفافة والسوداء والخضراء للفجل على حرارة التربة، ومدى انعكاس ذلك على النمو والمحصول والحنبطة. ولقد وُجد أن استعمال الأغطية البلاستيكية زادت جوهريًّا من طول الجذور وقطرها ووزنها، وكان تراكم الحرارة فى التربة جراء استعمال الأغطية البلاستيكية أكثر وضوحًا فى المراحل المبكرة للنمو قبل أن يغطى النمو الخضرى سطح التربة. وفى بداية فصل الربيع عندما كانت حرارة التربة تنخفض — غالبًا — عن ١٠ °م؛ مما يؤدى إلى ارتباع النباتات؛ ولذا.. فإن استعمال الأغطية ساعد فى تثبيط عملية الحنبطة. هذا.. وكانت الأغطية الشفافة هى الأفضل فى تحسين النمو والمحصول وتثبيط الحنبطة، وتلتها الأغطية السوداء والخضراء (Lee & Park ٢٠٢٠).

معاملات التغلب على عوامل الشدِّ البيئى

الجفاف

من المعروف أن السيليكون — الذى يُعد ثانى أكثر العناصر تواجدًا فى قشرة الكرة الأرضية — له تأثيرات عديدة مفيدة للنباتات، مثل زيادة كفاءة البناء الضوئى وتحسين بناء

الأجزاء الهوائية للنباتات. ولقد وُجد أن إضافة السيليكون للتربة — بدلاً من الحجر الجيرى — أدت إلى زيادة مستوى تحمل الشدِّ الرطوبى فى الفجل فى مستوى الشد المعتدل (٢٠ كيلوباسكال)، مقارنة بمستوى الكفاية (١٠ كيلوباسكال)، وفى مستوى الشدِّ الرطوبى الشديد (٣٠ كيلوباسكال). ولقد أدت إضافة السيليكات إلى تحمل الشدِّ الرطوبى، وتقليل نسبة الجذور المتشققة، وزيادة محصول النمو الخضرى (Lacerda وآخرون ٢٠٢٢).

سمية الأمونيوم

أحدثت معاملة الفجل بتركيز عالٍ من الأمونيوم (٣٠ مللى مول) خفضًا فى كلٍّ من البناء الضوئى للبادرات، والنتح، والكتلة البيولوجية الجافة، ولم يمكن لمعاملة السيليكون (٢ مللى مول/لتر) التغلب على تلك التأثيرات السلبية، لكن التأثير السلبية لتركيزات أقل من الأمونيوم (٧,٥، و١٥، و٢٢,٥ مللى مول) أمكن التغلب عليها بالمعاملة بالسيليكون؛ مما سمح بإنتاج بادرات تحسَّن فيها البناء الضوئى، وكفاءة استخدام الماء، والكتلة البيولوجية الكلية، وكان تأثر النتح وتوصيل الثغور بمعاملة السيليكون أقل وضوحًا (Viciedo وآخرون ٢٠٢٠).

البروكولى

معاملات البذور

عُوملت بذور بروكولى فى درجات مختلفة من النضج بالـ priming (ترطيب متحكم فيه للبذور)، ثم إعادة تجفيفها، ووجد أن المعاملة جعلت البذور التى كانت ما زالت نامية جعلتها تنبت مثلما كان إنبات البذور الأكثر اكتمالاً فى التكوين، وقد تحسَّنت قوة إنبات البذور غير المكتملة التكوين فى لوطات البذور التى كان حصادها قد أُجرى آليًّا؛ حيث تكون فى درجات مختلفة من التكوين. وفى هذه الدراسة وصلت البذور إلى أقصى وزن جاف لها بعد ٤٢ يومًا من التلقيح، وكانت أعلى نسبة إنبات بعد ٥٦ يومًا من التلقيح فى البذور الطازجة (التى لم تجف)، وبعد ٤٢ يومًا من التلقيح فى البذور التى جفَّت أو عومِلت بالـ priming. وحدثت أعلى سرعة إنبات بعد ٤٩ يومًا من التلقيح فى جميع المعاملات. ولم تظهر فروق فى الحيوية أو سرعة الإنبات بين البذور

فى قاعدة أو قمة الثمرة (الخردلة silique) ولم تنبت البذور الكبيرة الحجم أسرع من البذور الأصغر حجمًا، لكنها أنتجت بادرات أعلى فى وزنها الجاف. ولقد أدت معاملة الـ priming إلى زيادة نسبة إنبات البذور وسرعته فى البذور الصغيرة بعد ٤٢ يومًا من التلقيح (غير المكتملة التكوين)، وليس فى البذور الكبيرة المكتملة التكوين (Jett & Welbaum ١٩٩٦).

الـــرى

وجد أن تعريض نباتات البروكولى لشدٍّ مائى قريبًا من اكتمال تكوين الرؤوس له تأثير إيجابى على الجودة، فيما يتعلق بكل من لون الرأس وامتلاء (عدم ذبول) الساق (Wurr وآخرون ٢٠٠٢).

التسميد بالبورون والموليبدنم

أظهرت دراسة أن نباتات البروكولى استفادت من التسميد بالبوراكس بمعدل ١٨ كجم/هكتار (٧,٦ كجم/فدان)، و١,٨ كجم موليبدات أمونيوم/هكتار (٠,٧٥٠ كجم/فدان)، وذلك فى صورة تحسن فى النمو والمحصول وصفات الجودة (Thapa وآخرون ٢٠١٦).

معاملات التخلص من شد الجفاف

يُعد اكسيد النيتريك nitric oxide من الغازات التى تنتشر فى النسيج النباتى، ويتميز بالقدرة على التغلب على التأثيرات السلبية لعديد من عوامل الشدِّ البيئى على النباتات. ويُحصَل على هذا الغاز بالمعاملة بالمركب sodium nitroprusside، الذى يُطلق الغاز. وعندما عُومِلت نباتات البروكولى — وهى بعمر ٤ أسابيع — لشدٍّ جفافى بالرى عند ٦٠٪ من السعة الحقلية، فإن ذلك أدى إلى خفض الوزن الطازج والجاف للنمو الخضرى، وطول النمو الخضرى، ومحتوى الجليسين بيتين glycine betaine، والمحتوى الكلوروفيللى، مع زيادة فى محتوى حامض الأسكوربك، وفوق أكسيد الأيدروجين، ونشاط إنزيما الكاتاليز وسوبر أوكسيد ديسميوتيز. هذا إلاّ إن المعاملة بأكسيد النيتريك بتركيز ٠,٠٢ مللى مول بنقع البذور قبل زراعتها، أو برش النباتات بعد ثلاثة أسابيع من بدء معاملة التعريض لشدِّ

الجفاف أدت إلى تحفيز الوزنين الطازج والجاف للنمو الخضرى والكتلة البيولوجية، وطول النمو الخضرى، ومحتوى الكلوروفيل، والجليسين بيتين، والفينولات الكلية، والبروتينات الكلية الذائبة، ونشاط السوبر أوكسيد ديسميوتيز والبولى فينول أوكسيديز، وكانت معاملة رش النموات الخضرية أقوى تأثيرًا فى هذا الشأن (Munawar وآخرون ٢٠١٩).

وأدت معاملة البروكولى بأى من المعدِّلات البيولوجية biomodulators: مستخلص الخميرة، أو مستخلص أوراق المورينجا moringa، أو حامض السلسيلك، أو حامض الهيومك إلى التغلب على تأثير تأخير الرى من كل خمسة أيام إلى كل ١٠ أو ١٥ يومًا. ولقد أدى شدِّ الجفاف إلى تأخير التدهور فى صفات الجودة بعد الحصاد كفقد فى الكتلة البيولوجية أو التحلل أثناء التخزين. ولقد حافظت جميع المعدِّلات البيولوجية على جودة نورات البروكولى أثناء التخزين، حيث قل الانخفاض فى الكتلة البيولوجية والتحلل. وبينما أدت معاملتى الشدِّ الرطوبى إلى خفض محتوى النورات من الكلوروفيل والكاروتينويدات وحامض الأسكوربك والفينولات الكلية والكربوهيدرات الذائبة الكلية، فإن تلك المكونات ازدادت فى النباتات التى عُومِلت بالمعدِّلات البيولوجية. هذا.. بينما لم يتأثر محتوى الأنثوسيانينات ونشاط البروكسيديز بمعاملات المعدِّلات البيولوجية (Sakr وآخرون ٢٠٢١).

الإنتاج العضوى

وُجد أن الزراعة العضوية للبروكولى لم تؤثر جوهريًّا على مستويات الفينولات الكلية والفلافونويدات الكلية، إلاّ إن مستويات الـ indolyl glycosinolates (الـ glucobrassin، والـ neaglucobrassicin) كانت أعلى جوهريًّا فى الزراعة العضوية عما كانت عليه فى الزراعة العادية (Valverde وآخرون ٢٠١٥).

كرنب بروكسل

الزراعة تحت أنفاق الأجريل

تُستخدم أنفاق الأجريل ومثيلاته من تلك المواد (الـ spunbonded fabrics) فى إنتاج الخضر الصيفية لحمايتها من البرودة وإطالة موسم النمو، ولكن ثبتت — كذلك —

فائدتها فى إنتاج خضر الجو البارد كالكرنب بروكسل؛ حيث حفَّزت النمو الخضرى والنمو والتطور. ولقد أدى استعمال تلك الأنفاق المنخفضة إلى زيادة الحرارة الدنيا للتربة، وخفض النتح التبخرى بنسبة ٥٤٪ إلى ٦٨٪؛ بخفضها للإشعاع الشمسى والحدِّ من الرياح، وذلك على الرغم من زيادتها للحرارة القصوى. وبسبب خفضها للنتح التبخرى فقد قللت الأنفاق من الحاجة لماء الرى بنسبة ٢٤٪ إلى ٤٠٪. وقد أدى استعمال الأنفاق إلى تحفيز النمو الخضرى (المساحة الورقية للنبات، وارتفاع النبات، والوزن الجاف للنبات). وازداد إنتاج الكرنبيات بنسبة ٢٢٪ إلى ٢٩٪، وازداد المحصول بنسبة ٢٢٪ إلى ٤٦٪ فى مختلف عروات الزراعة. وقد ازدادت كفاءة استخدام الماء بنسبة ٦٢٪ إلى ١٠٧٪، مقارنة بالكفاءة فى الحقل المفتوح (Acharya وآخرون ٢٠١٩).

الكرنبيات الصينية

الكرنب الصينى

على الرغم من تماثل الخصائص الكيميائية لكل من الكالسيوم والاسترونشيم strontium، فإن الأخير لم يقم بوظائف الكالسيوم ويحل محله فى ظروف نقص الكالسيوم، بل على العكس فإنه أظهر سمية لنباتات الكرنب الصينى وثبَّط نموه فى ظروف نقص الكالسيوم (Qiu وآخرون ٢٠٢١).

الباك شوى

يُعرف الباك شوى pakchoi بالاسم العلمى *Brassica rapa* L. var *chinensis*، وهو كرنب صينى لا يكون رؤوسًا، وإنما تشكل أوراقه نموًّا متوردًا، وتكون الأوراق الداخلية منها بلون أخضر فاتح وعرق وسطى أبيض عريض وملساء. أما الأوراق الكبيرة الخارجية فتكون لامعة وبلون أخضر داكن.

يُزهر الباك شوى ويعطى بذورًا بسهولة كبيرة فى الحرارة العالية وظروف النهار الطويل.

يُجرى الحصاد فى خلال ٣٠–٤٥ يومًا من الزراعة، حيث تُحصد الأوراق المفردة أو النباتات الكاملة. وتستعمل الأوراق إما طازجة أو مطبوخة (عن Palada & Crossman ١٩٩٩).

الشوى صم

يُعرف الشوى صم choy sum أو الـ mock pakchoy بالاسم العلمى *Brassica campestris* L. ssp. *chinensis* var. *utilis* Tsen et Lee (وكذلك *B. campestris* ssp. *chinensis* var. *parachinensis* L. H. Bailey).

يتراوح عدد الأيام من الزراعة إلى الحصاد فى الجو المعتدل البرودة بين ٦٠، و٧٠ يومًا. يزرع الشوى صم على مصاطب بمعدل ٣–٤ خطوط بالمصطبة وعلى مسافة ٢٠–٣٠ سم بين النباتات فى الخط. تتراوح الكثافة النباتية بين ٣٠، و٤٥ ألف نبات بالفدان.

يبلغ محصول الفدان حوالى ١١–١٨ طنًّا، وتحصد النباتات على ٢–٣ دفعات كلما كانت جاهزة للحصاد، علمًا بان كل نبات يُحصد مرة واحدة (عن Cantwell وآخرين ١٩٩٦).

البروكولى الصينى

يُعرف البروكولى الصينى Chinese broccoli أو gai-lan بالإسم العلمى *Brassica oleracea* L. var. *alboglabra* Bailey، وهو يُعطى كذلك الأسماء الإنجليزية Chniese kale، و kailan.

يؤكل من المحصول الساق الزهرية الغضة مع ما تحمله من براعم قبل تفتحها إلى أزهار بيضاء اللون.

تتباين أصناف البروكولى الصينى فى طول سيقانها الزهرية وفى شدة لونها الأخضر. ويمر – عادة – ٥٥–٧٠ يومًا من الزراعة الخريفية إلى الحصاد. يناسب المحصول الجو البارد المعتدل.

تكون الزراعة على مصاطب بمعدل ٢–٤ خطوط طولية، ومسافة ٨–١٢ سم بين النباتات فى الخط الواحد. وتتراوح الكثافة النباتية بين ٤٥، و٩٢ ألف نبات بالفدان.

يبلغ محصول الفدان حوالى ٦–١٠ أطنان، وتحصد النباتات على ٢–٣ دفعات كلما كانت جاهزة لذلك.

يجب أن تكون البراعم الزهرية مغلقة عند الحصاد.

يحتفظ المحصول بجودته لمدة ٧-١٤ يومًا على حرارة صفر — ٥ْم و ٩٠٪-٩٥٪ رطوبة نسبية (Cantwell وآخرون ١٩٩٦).

المسترد الصينى

يُعرف المسترد الصينى Chinese mustard بالاسم العلمى *Brassica juncea* (L.) Czern.، وهو من محاصيل الخضر الورقية الشائعة فى الشرق الأقصى. ومقارنة بالكرنب الصينى، فإن أوراق المسترد الصينى غير مجنحة ولا تتضخم، وإنما تكون أنصال الأوراق رقيقة وقصيمة crispy وذات مذاق حاد، ومفصصة تفصيصًا عميقًا وضيقة وريشية. وقد يحمل النبات الواحد من ٢٠-٥٠ ورقة متزاحمة ومندمجة معًا.

وتستعمل الأوراق فى الغذاء إما طازجة وإما مطبوخة (عن Palada & Crossman ١٩٩٩).

الكرنب الصينى المزهر

أمكن عزل أربعة أنواع من الترايكودرما *Trichoderma* وتم تحضير سماد بيولوجى منها، وباستخدامها فى معاملة الكرنب الصينى المزهر flowring Chinese cabbage، فإنها أدت إلى تحفيز النمو (٤١,٧٪) وزيادة المحصول (٣٧,٤٪)، فضلاً عن زيادة المعاملة لكلٍّ من السكر الذائب والبروتين الذائب والكلوروفيل، مع خفضها لمحتوى النيتروجين النتراتى. كذلك أدت المعاملة بالترايكودرما إلى تحمل الشدِّ البيئى، وتقليل التعرض لأضرار الشوارد المحبة للأكسدة، فضلاً عن زيادتها للنشاط الإنزيمى بالتربة؛ مما أدى إلى زيادة محتواها من النيتروجين والفوسفور (Ji وآخرون ٢٠٢٠).

الجرجير

يُعرف الجرجير (*Eruca vesicaria* L. Cav.) بالأسماء arugula فى الولايات المتحدة، و rocket فى المملكة المتحدة، و rucola فى إيطاليا، و roquette فى فرنسا (عن Ryder ٢٠٠٠).

الرى والتسميد

أعطى الرى بمعدل ١٠٠٪ من الـ evapotranspiration أعلى محصول من الجرجير بينما انخفض المحصول بنسبة ٨٪، و٦٪ عندما كان الرى بمعدل ٧٥٪ و١٥٠٪ من النتح التبخرى، على التوالى. كذلك أعطى التسميد بالمعدل العالى من النيتروجين (٥٠ كجم/فدان مقارنة بـ ٢٥ كجم/فدان) أعلى محصول، وذلك بزيادته لعدد الأوراق ومساحة الورقة. هذا.. إلاّ إن معدل النيتروجين العالى ذلك أدى إلى زيادة محتوى الأوراق من النترات. وقد أدى خفض معدل الرى والتسميد بالنيتروجين إلى تحسين محتوى الفينولات والكاروتينويدات والنشاط المضاد للأكسدة بالأوراق. وأدى المعدل العالى للنيتروجين إلى تحسين كفاءة استعمال المياه، ولكن مع خفض كفاءة استعمال النيتروجين (Schiattone وآخرون ٢٠١٨).

الكيـــل

منشطات النمو الحيوية

دُرس تأثير معاملة الكيل بالبكتيريا المنشطة للنمو: *Azotobacter chrococcum*، و *Bacillus subtilis*، و *Priestia megaterium*، ومخلوط من *A. chrococcum* مع *B. subtilis*. ولقد وُجد أن جميع تلك المعاملات أحدثت تأثيرات إيجابية على الوزنين الطازج والجاف للنباتات، وعلى معدل البناء الضوئى، وارتفاع النبات. وأدت المعاملة بالبكتيريا *B. subtilis* عن طريق التربة إلى زيادة الوزن الطازج بنسبة ٣٣٪ والوزن الجاف حتى ٤٢٪، وارتفاع النبات حتى ١٤,٦٪. وبالمعاملة الورقية بتلك البكتيريا ازداد معدل البناء الضوئى بنسبة ٨٩٪. كما أدت المعاملة بالبكتيريا *P. megaterium*، و *B. subtilis* إلى زيادة اخضرار النباتات واصفرارها (قيم a أقل وقيم b أعلى، على التوالى) عن المعاملات الأخرى (Kordatzaki وآخرون ٢٠٢٢).

التأثير السلبى للشد الملحى والتغلب عليه بالسيلينيم

يُعد الكيل متحملاً نسبيًّا للملوحة مقارنة بغيره من الخضر؛ فلم يتأثر محصوله عندما كانت ملوحة مياه الرى ٣ ديسى سيمنز/م، لكن المحصول بدأ فى الانخفاض عند

مستوى ملوحة بين ٣، و٦ ديسى سيمنز/م، وكان الانخفاض ٥٠٪ عند مستوى ملوحة ٦ ديسى سيمنز/م. ولقد أدت إضافة السيلينيم إلى ماء الرى إلى زيادة المحصول فى كل مستويات الملوحة لكنها لم تزد من تحمل الملوحة؛ فكانت إضافة السيلينيم بمعدل ٠,٢٥ مجم/كجم من التربة (حيث كان تركيز السيلينيم بالأوراق ١ مجم/كجم).. كانت كافية لزيادة المحصول بنسبة ١١٪ مقارنة بالكنترول (Kucukyumuk & Suarez ٢٠٢١).

الفصل الحادى عشر

الخـــس

التغلب على السكون الحرارى للبذور

تُفيد عملية الـ priming لبذور الخس (بنقعها فى محلول مهوى من البوليثيلين جليكول على ١٥ ْم فى الضوء) فى التغلب على ظاهرة السكون الحرارى عند إجراء الإنبات على ٣٥ ْم. ويُعتقد أن مرد ذلك إلى أن عملية الـ priming تتسبب فى زيادة نشاط الإنزيم endo-β-mannanase، الذى قد يُضعِف الإندوسبرم، الذى يعيق عملية اختراق الجذور له فى الحرارة العالية (Nascimento وآخرون ٢٠٠١).

المستوى المناسب من الملوحة

أظهرت دراسة على الخس الأيس برج أن مستوى الملوحة المثالى فى مياه الرى لأعلى محصول هو EC = ١,٨٤ ديسى سيمنز/م، مع توقع انخفاض فى المحصول قدره ٨,٢٦٪، و٢٢,٧٪ لكل ارتفاع أو انخفاض قدره وحدة EC واحدة — على التوالى — عن المستوى المثالى؛ بما يعنى أن انخفاض الملوحة عن المستوى الأمثل يتسبب فى خفض أكبر فى المحصول عن ارتفاعها عن ذلك المستوى. ويعنى ذلك تفضيل رى الخس بماء قليل الملوحة (Kurunc ٢٠٢١).

إنتاج الشتلات

تطور إنتاج شتلات الخس فى كاليفورنيا منذ عام ١٩٨٢ بطريقة أُطلق عليها اسم "أقراص المزارع التكنولوجية" techniculture plugs، وهى عبارة عن أقراص مضغوطة بحجم ٤ مل مصنوعة من مخلوط من البيت موس ومادة لاصقة، ولا تحتوى على أى عناصر غذائية؛ ولذا.. فإن الشتلات التى تُنتج فيها تحتاج إلى التسميد كل ٢–٥ أيام أثناء نموها.

ومن أهم مميزات هذا النظام فى إنتاج الشتلات، ما يلى:

١– إمكان إجراء الشتل مبكرًا بعد ١٠ أيام من زراعة البذور، ولكن يفضل تأخير

الشتل حتى تصبح البادرات بعمر ٢٠ يومًا؛ لأن ذلك يزيد من تجانس رؤوس الخس فى الحجم عند النضج.

٢- تُنتج الشتلات بكثافة عالية جدًّا.

٣- يسهل إجراء عملية الشتل الآلى.

٤- لا تتعدى نسبة الفشل فى الشتل ١٪ (Wurr & Fellow ١٩٨٦).

الإضافات العضوية وغير العضوية السابقة للزراعة وإضافات البيوشار

أحدثت المعدلات العالية من السماد العضوى خفضًا فى نمو الخس، وذلك بسبب زيادة ملوحته (EC = ٥٠,١ ديسى سيمنز/م)، وعدم اكتمال تحلله. كذلك أحدثت المعدلات العالية من التسميد الفوسفاتى خفضًا فى محصول الخس المحقون بالميكوريزا، مقارنة بغير المحقون بها؛ بما يفيد بأن زيادة الفوسفور الميسر للامتصاص فى التربة قد يكون ضارًّا بنشاط فطريات الميكوريزا (Brito وآخرون ٢٠١٦).

وفى دراسة أخرى.. وُجد أن محصول الخس ازداد بزيادة معدل التسميد الآزوتى من مختلف الأسمدة العضوية (مسحوق بذور القطن وبذور البرسيم الحجازى، ومخلفات المجارى، والكمبوست، وسبلة الماشية) وغير العضوية (حتى ٨٠٠ مجم N/ أصيص)، إلاّ إن المعدلات العالية من أى من مسحوق الدم أو مسحوق الريش قللت المحصول. وقد ازداد محتوى الأوراق من النيتروجين والنترات بزيادة معدل التسميد الآزوتى (من ١٠٠ إلى ٨٠٠ مجم N/ أصيص). وقد أعطت الأسمدة العضوية الغنية بالنيتروجين محصولاً عاليًا فى المستويات الأقل من تلك الأسمدة مقارنة بما كان عليه الحال عندما استعملت الأسمدة العضوية الأقل محتوى من النيتروجين (Zandvakili وآخرون ٢٠١٩).

وبالنسبة لإضافات البيوشار biochar (وهو عبارة عن مواد عضوية تنتج من عمليات التحلل الحرارى pyrolysis لمواد عضوية فى بيئة لا هوائية، ويمكن أن ينتج من مصادر كثيرة ومتنوعة نباتية وحيوانية) فقد وُجد فى دراسة على الخس أن التشميس بشرائح البوليثيلين ذات الفقاعات bubble polyethylene مع إضافة البيوشار بمعدل ١٥٠ جم/م^{2}

من سطح التربة فى طبقة سطحية رقيقة كان فعَّالاً فى رفع حرارة التربة مقارنة بمعاملات ملش أخرى، وبلغت الزيادة فى محصول الخس ١٠٠٪ (Oz ٢٠١٨).

ولقد أحدثت إضافة أنواع مختلفة من البيوشار خفضًا فى تركيز عناصر الكالسيوم والمغنيسيوم والزنك فى أوراق الخس، وخفضًا مماثلاً ولكن بدرجة أقل فى جذور الجزر. وفى المقابل.. أدت إضافة بعض أنواع البيوشار إلى زيادة محتوى أوراق الخس وجذور الجزر من بعض العناصر، وبخاصة البوتاسيوم (Olezyk وآخرون ٢٠٢٠).

الخف الآلى

حقق الخف الآلى للخس الرومين عديدًا من المزايا، مقارنة بالخف اليدوى؛ فكانت النباتات أكبر حجمًا بعد ٢–٣ أسابيع من الخف، وحسَّنت التجانس فى المسافة بين النباتات فى الخط؛ حيث ازدادت نسبة النباتات التى كانت على المسافة المرغوب فيها، وهى ٢٤–٣٢ سم، بينما اختفت كلية تقريبًا أى نباتات على مسافة ٤–٢٠ سم. وكنتيجة لذلك.. ازداد جوهريًّا وزن النباتات المفردة فى حالة الخف الآلى (Chu وآخرون ٢٠١٦).

شباك التظليل فى الحقل المكشوف وتأثير الضوء

دُرس تأثير شباك تظليل مختلفة اللون (لؤلؤى pearl، وأزرق، وأحمر، وأسود) عتد إنتاج الخس فى الحقل صيفاً، مقارنة بالإنتاج فى الحقل المكشوف. وفَّرت الشباك تظليلاً بنسبة ٥٠٪، وخفَّضت الإشعاع الشمسى بصورة جوهرية (٨٩٠ وات/م^{٢} فى الحقل المكشوف، مقارنة بنحو ٤٠٠–٥٦٠ وات/م^{٢} تحت مختلف الشباك). وعندما كان الإنتاج تحت شباك التظليل — مقارنة بالإنتاج فى الحقل المكشوف — كان دليل المساحة الورقية أكبر، وازداد جوهريًّا وزن رؤوس الخس الصالحة للتسويق، وكانت الفترة من الزراعة إلى الحنبطة أقصر جوهريًّا، وتميزت الأوراق الخارجية بلون أخضر أكثر دكنة، وكانت الأوراق أكثر نعومة وغضاضة. كذلك ازداد جوهريًّا الكلوروفيل الكلى وكلوروفيل أ، ب، والكاروتينويدات بالأوراق. وقد ازداد جوهريًّا محتوى الأوراق من الفينولات الكلية، والفلافونويدات الكلية ومضادات الأكسدة فى الخس المنتج تحت

الشباك اللؤلؤية، مقارنة بما كان عليه الحال فى النباتات المنتجة تحت الألوان الأخرى للشباك. هذا.. وتساوت مضادات الأكسدة فى الخس المنتج فى الحقل المكشوف مع ذلك المنتج تحت الشبك اللؤلؤى إلاّ إن محتوى الفينولات والكاروتينويدات كانت أقل فى الحقل المنتج فى الحقل المكشوف (Ilić وآخرون ٢٠١٧).

ولقد ازداد تراكم الفينولات الكلية، والفلافونويدات، والأنثوسيانينات. والأحماض الفينولية (مشتقات حامض البنزويك benzoic acid وحامض السينَّامك cinnamic acid) فى ظروف ضوء الشمس المباشر (الذى يزيد فيه الأشعة فوق البنفسجية) والحرارة المعتدلة فى الحقول المكشوفة عما فى ظروف البيت المحمىّ (أشعة فوق بنفسجية قليلة وحرارة عالية). وتبين أن مستوى الأشعة فوق البنفسجية تلعب دورًا سائدًا فى تراكم الفينولات والأنثوسيانينات، وحامض ميثوكسى سِنَّامك methoxycinnamic acid بينما تؤثر الحرارة أساسًا فى تراكم الأحماض الفينولية (rosmarinic، و P-anisic، و vanillic) (Sytar وآخرون ٢٠١٨).

هذا.. ويُفيد التظليل فى إنتاج خس بجودة عالية فى المناطق والمواسم التى لا يسودها جو بارد معتدل. وبدراسة تأثير التظليل بنسبة ٥٠٪ باستعمال shadecloth أسود على عدد من أصناف خس الرومين المتحمل للحرارة، وُجد أن التظليل — مقارنة بعدم التظليل — خفَّض حرارة الأوراق، والوزن الطازج للرؤوس، ومحتوى الجلوكوز والسكريات الكلية، والحلاوة، دون التأثير على المرارة، بينما أدى التظليل إلى زيادة محتوى كلوروفيل ب. وبذا.. فإنه لا يفضل التظليل عند إنتاج الأصناف المتحملة للحرارة فى ظروف الحرارة العالية، وذلك توفيرًا للنفقات مع إنتاج خس أكثر حلاوة عما لو تم تظليله (Alves وآخرون ٢٠٢٢).

التسميد

الحاجة للعناصر المغذية

تناقص امتصاص الخس — فى مزرعة مائية — لعناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم مع التقدم فى العمر، وذلك بعد حدوث انخفاض فى معدل النمو النباتى.

هذا بينما لم تظهر اختلافات فى امتصاص عناصر الكالسيوم والمغنيسيوم والكبريت بين أسابيع النمو. كذلك لم تظهر أفضلية للامتصاص اليومى لأى من العناصر خلال النهار (Alboronz & Lieth ٢٠١٦).

ولقد وجدت علاقة طردية linear بين النمو النباتى للخس وامتصاص النيتروجين الكلى والفوسفور والبوتاسيوم. كما وجدت علاقة أخرى curvilinear بين النمو وامتصاص كلاً من الأمونيوم والسلفات، كما أظهر امتصاص كل تلك العناصر علاقة curvilinear مع تمثيل غاز ثانى أكسيد الكربون (Albornoz & Lieth ٢٠١٧).

العناصر الكبرى

على الرغم من زيادة كمية محصول الخس بزيادة معدلات التسميد بالنيتروجين والفوسفور، إلاّ إن جودة الخس بعد الحصاد انخفضت فى المستويات العالية من كل من النيتروجين (١٤٢ كجم N/ فدان) والفوسفور (٩٥ كجم P/ فدان). وكانت أفضل مستويات التسميد بالنسبة لكلٍّ من المحصول والجودة بعد الحصاد هى ٩٥ كجم N، و٤٧ كجم P/ فدان. هذا.. وبغض النظر عن مستويات التسميد، فإن خس الآيس برج (الكابوتشا) احتفظ بجودته الظاهرة بعد الحصاد أفضل من خس الرومين عندما كان التخزين على ١ْم لمدة ١٤ يومًا (Hoque وآخرون ٢٠١٠).

وفى دراسة أخرى.. وُجد أن أفضل نمو للخس تحقق عندما كان التسميد بمعدل أقل من ٦٠ كجم N/ هكتار (٢٥ كجمN /فدان) تُضاف بعد الشتل بـ ٨ أيام (٢٠٪)، و١٦ يومًا (٤٠٪)، و٢٤ يومًا (٤٠٪). وبينما لم تؤدِ زيادة معدل التسميد حتى ١٨٠ كجم N/ هكتار (٧٦ كجم N/فدان) إلى زيادة تركيز النترات بالنبات إلى أكثر من المستويات المسموح بها للاستهلاك، فقد أدى ذلك المعدل العالى للتسميد إلى زيادة فقد النيتروجين بالرشح إلى تلويث البيئة (Sylvestre وآخرون ٢٠١٩).

وتبين أن زيادة النيتروجين الأمونيومى فى المحلول المغذى للخس عن ٥٠٪ من النيتروجين الكلى حدَّ كثيرًا من النمو النباتى ومن تراكم الكالسيوم والبوتاسيوم فى

النباتات. وأدت المعاملة بكربونات الكالسيوم إلى العمل كـ buffer حسَّن من النمو فى وجود التركيز العالى من الأمونيوم (Weil وآخرون ٢٠٢١).

ولقد وُجد أن التسميد بمعدلات متزايدة من البوتاسيوم K من ٩٨ كجم/هكتار (٤١ كجم/فدان) إلى الضعف (١٨٥ كجم K/هكتار)، والثلاثة أضعاف (٣٧٠ كجم/هكتار)، والثمانية أضعاف (٧٤٠ كجم K/هكتار) للخس الرومين الأحمر أحدث زيادات فى كل من ارتفاع النبات (٧٪)، والوزن الطازج للنبات (١٣٪)، والوزن الجاف (١٥,٥٪)، وتركيز السكروز بالأوراق (٣٠٪)، وتركيز البوتاسيوم بالأوراق (٤٣,٣٪)، بينما أحدثت المعدلات المتزايدة من التسميد بالبوتاسيوم نقصًا فى محتوى الأوراق من كلٍّ من الكالسيوم (٦١٪)، والمغنيسيوم (٢٥٪)، والكبريت (٤٦٪)، وذلك مقارنة بما حدث فى معاملة الكنترول (Barickman وآخرون ٢٠١٦).

العناصر الصغرى

يؤدى توفر الزنك بتركيز ٨٠ ميكرومول/لتر إلى زيادة محتوى نباتات الخس من الزنك مع خفض فى مستوى النترات NO_3 بها، وزيادة فى محتواها من الأحماض الأمينية الضرورية. ولقد صاحبت ذلك زيادة فى نشاط الإنزيمات نيتريت ردِكتيز، وجلوتامين سِنثيز، وأسبارتيت أمينوترانسفِريز، وكذلك زيادة فى عمليات البناء الضوئى، وفى كفاءة استخدام النيتروجين (Barrameda-Medina وآخرون ٢٠١٧).

ولقد أمكن فى مزرعة مائية للخس زيادة محتوى النمو الخضرى من الزنك مع زيادة نموه الخضرى إلى ٢٢٤,١٩ جم/نبات بزيادة تركيز الزنك فى المحلول المغذى إلى ٤٧,٢ ميكرومول باستعمال كبريتات الزنك $ZnSO_4.7H_2O$. هذا وكان أكثر تراكم للزنك فى الجذور ثم فى الأوراق والساق (Meneghelli وآخرون ٢٠٢١).

كما وُجد أن رش نباتات الخس بالزنك بتركيز معتدل (٢٠مجم/dm^{-3}، مقارنة بالتركيزات الأقل: ٥ أو ١٠مجم/ dm^{-3}، أو الأعلى: ٣٠ أو ٤٠ مجم dm^{-3}) أدى إلى زيادة محتوى النباتات من الزنك، مع تجنب مشاكل زيادة التركيز عن ذلك. لقد أدت

زيادة تركيز محلول الرش بالزنك حتى الحد الأقصى إلى زيادة تركيزه بالأوراق إلى ١٨ ضعف، وازداد الشد التأكسدى بزيادة تركيز الزنك إلى ٢٠ مجم زنك dm^{-3} والتركيزات الأعلى، وازداد نشاط SOD فى تركيزى الزنك ٣٠، و٤٠ مجم dm^{-3} (de Moraes وآخرون ٢٠٢٢).

معاملات التغلب على عوامل الشد البيئى

الحرارة العالية

أدى تلقيح الخس بفطر الميكوريزا *Funneliformis mosseae* مع الزراعة فى حرارة ٣٥°م إلى زيادة تحمل الخس للحرارة العالية؛ بزيادة القدرة على البناء الضوئى، وحماية الـ PSII system وزيادة معدل النتح (Yan وآخرون ٢٠٢١).

كما أدى رش نباتات الخس بالاسبرميدين spermidine بتركيز ١ مللى مول إلى الحفاظ على بنية الكلوروبلاستيدات والميتوكوندريات فى بادرات الخس فى ظروف شدّ الحرارة العالية. كذلك تغلبت معاملة الاسبرميدين على الضرر الذى أحدثته الحرارة العالية، وزادت من معدل البناء الضوئى بنسبة ٢٣٪. هذا.. وكان الشدّ الحرارى قد أحدث خفضًا فى معدل البناء الضوئى بنسبة ٥٤٫١٥٪، وأضرَّ بتركيب البلاستيدات الخضراء والميتوكوندريات، بينما أدت معاملة الاسبرميدين إلى زيادة محتوى كلوروفيل أ وكلوروفيل ب (Yang وآخرون ٢٠٢٢).

الجفاف

أدى شد الجفاف (حتى ٥٠٪ من الرطوبة عند السعة الحقلية) إلى خفض محصول الخس، وإلى إحداث خفض فى كلٍّ من المحتوى المائى النسبى بالأوراق، وتوصيل الثغور، ومحتوى العناصر المغذية، لكن مع زيادة فى كلٍّ من التسرب الأيونى وأكسدة الدهون (MDA). هذا إلاّ إن التلقيح بالبكتيريا المحفزة للنمو النباتى *Bacillus megaterium* (السلالة: TV6D)، أو *Bacillus subtilis* (السلالة: TV12H) ساعد فى التغلب على التأثيرات السلبية لشدِّ الرطوبة على النمو النباتى والمحصول (Sahin وآخرون ٢٠١٥).

ولقد أحدث رش النباتات المعرضة لشدٍّ جفافى (أقل من ٥٠٪ سعة حقلية) بالبتين betaine بتركيز ٥٠ مللى مول كل أسبوعين أو بالشيتين chitin للتربة بمعدل ٢ جم/كجم .. أحدث زيادة جوهرية فى المساحة الورقية/نبات بنسبة ٤٨,٥٪، و٢٥,٦٪، على التوالى، وحماية واضحة من أضرار شد الجفاف، وزيادة الوزن الكلى الطازج بنسبة ٢٦,١٪، و٧٥,٠٪، على التوالى. كذلك أدت أى من هاتين المعاملتين — منفردة — إلى إحداث زيادة جوهرية فى المساحة الورقية، والوزن الطازج للنمو الخضرى، والوزن الطازج والجاف الكلى، وصافى البناء الضوئى، وكفاءة استخدام الماء للمحصول، وللكتلة البيولوجية، ووفر حماية من شد الجفاف، وبدت الأوراق خضراء وطبيعية المظهر وخالية من الاصفرار. ومع ذلك، فإن الجمع بين المعاملتين لم يزد من مستويات صفات المحصول تحت ظروف شد الجفاف (Lin ٢٠٢٠).

الملوحة

أمكن التغلب على شدِّ الملوحة فى المزارع المائية للخس باستعمال غطاء بلاستيكى أبيض للبيت المحمىِّ مع الرش بالبرولين بتركيز ٥ ميكرومول؛ حيث أدى ذلك إلى زيادة المحصول تحت ظروف الملوحة (Orsini وآخرون ٢٠١٨).

ولقد أدى شد ملحى قدره ١٠٠ مللى مول كلوريد صوديوم إلى إحداث خفض فى وزن نباتات الخس، إلاّ إن المعاملة بالنظيربراسِّينو ستيرويدى brassimosteroid ananlogue — كود D1-31 — بتركيز ١ ميكرومول أدت إلى التغلب على تلك التأثيرات السلبية.. وبينما ازداد إطلاق الإثيلين بتأثير الملوحة، فإن المعاملة بـ D1-31 قللت من التأثير السلبى لذلك على النمو الخضرى والجذرى. كذلك ازداد إنتاج الـ ACC بالملوحة، وقللت المعاملة بالـ D1-31 منه، وانخفض تركيز البوترسين putrescine بالملوحة، وأدت المعاملة إلى التغلب على هذا التأثير فى النمو الخضرى فقط، وليس فى الجذور. وبينما أدت المعاملة بالملوحة إلى زيادة محتوى الاسبرميدين spermidine والاسبرمين spermine فى الجذر، فإن المعاملة الـ D1-31 عكست هذا التأثير (Serna وآخرون ٢٠١٥).

وعندما عُوملت نباتات الخس بميكورايزا عُزِلت من كثبان رملية ساحلية ملحية (*Innospora* spp.، و *Diversispora* spp.)، أو من تربة حقلية غير ملحية (*Rhizophagus intraradices*)، أو من أرض صحراوية (*Septoglomus deserticola*) — بالإضافة إلى معاملة كنترول لم تُلقح بالميكوريزا — ثم شتلها فى أصص بها تربة ملحية (EC = ١٢,٧٩ ديسى سيمنز/م)، فإن نباتات جميع المعاملات تساوت فى معدل نموها، وفى الكتلية البيولوجية للأوراق، لكن المعاملة بالميكوريزا الساحلية حثَّت نموًّا جذريًّا أفضل وازداد فى نباتاتها امتصاص البوتاسيوم، وانخفض تراكم البرولين فى نمواتها الخضرية. ويُستفاد مما تقدم بيانه أن عزلات الميكوريزا من مصادر مختلفة تتباين فى تأثيراتها فى ظروف شدِّ الملوحة (Tigka & Ipsilantis ٢٠٢٠).

هذا.. وقد أدى رى الخس بالماء المالح قليلاً brackish (٣٠ مللى مول كلوريد صوديوم) فى أى من مراحل نموه إلى خفض وزنه الطازج، إلاّ إنه كان أكثر حساسية للماء المالح فى المراحل المبكرة من النمو. ولقد أدت معاملة الرى بالماء المالح قليلاً إلى تراكم العناصر المحبة للأكسدة، وخفض الوزن الجاف جوهريًّا عندما كان الرى بالماء المالح فى بداية حياة النبات أو فى كل مراحل نموه، ولكن ليس فى المراحل المتأخرة. وبذا.. فإن الرى بالماء المالح قليلاً فى المراحل المتأخرة من نمو الخس يمكن الاعتماد عليه كوسيلة للتوفير فى الماء العذب (Zhang & Du ٢٠٢٢).

نقص العناصر

بينما أدى نقص البوتاسيوم فى المحاليل المغذية إلى ٢ مللى مول K إلى تثبيط نمو الخس فى المزارع المائية.. فإن رش النباتات بالبرولين بتركيز ١,٠ أو ١,٥ مللى مول أدى إلى التغلب على حالة تثبيط النمو تلك. وتحت ظروف نقص البوتاسيوم حثت المعاملة بالبرولين من نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة، وزادت من محتوى الأوراق من البرولين والسكريات الذائبة وحامض الأسكوربك، وخفَّضت من مستويات الـ MDA، وأكسدة الدهون وفوق أكسيد الأيدروجين؛ الأمر الذى حدَّ من أضرار الأكسدة. وبدا أن

معاملة البرولين أدت إلى زيادة معدل النمو النسبى، من خلال زيادتها لنسبة المساحة الورقية بصفة أساسية، وصافى معدل البناء الضوئى بدرجة أقل (Zhang وآخرون ٢٠٢٠).

منشطات النمو

الكائنات الدقيقة

أدى تلقيح الخس بالميكوريزا إلى خفض تراكم السيلينيم فى أوراق الخس، إلاّ إن النباتات الملقحة بالميكوريزا كانت أعلى محتوى من كلٍ من العناصر المعدنية، والبروتينات والسكريات. وقد يؤدى التلقيح بالميكوريزا إلى إضعاف امتصاص السيلينيم، لكن الامتصاص يكون كافيًّا عندما تكون الزراعة فى تربة غنية بالعنصر (Sanmartin وآخرون ٢٠١٤).

وتُحفِّز الميكوريزا arbuscular mycorrhizal fungi تراكم مركبات الأيض الثانوية فى أوراق الخس. وعند تسميد النباتات المحقونة بالميكوريزا بالسيلينيم. فإن النباتات يزيد محتواها من البروتينات والمعادن عما فى النباتات غير المحقونة بالميكوريزا. هذا.. إلا إن محتوى السيلينيم كان أقل فى النباتات المحقونة بالميكوريزا؛ بما يفيد وجود ارتباط سالب بين السيلينيم والعدوى بالميكوريزا. وفى أصناف الخس ذات الأوراق الخضراء أدى التسميد بالسيلينيم إلى إبطال فوائد الميكوريزا على الكلوروفيل والكاروتينويدات وخفض الفينولات. وفى الخس ذات الأوراق الحمراء أدى التسميد بسيلينات الصوديوم إلى التفاعل إيجابيًّا مع الميكوريزا فى تحسين الفلافونويدات. ولم يلاحظ تفاعل جوهرى بين الميكوريزا والسيلينيم فى التأثير على القدرة الكلية على تضادية الأكسدة فى أوراق كلا الطرازين من الخس (Goicoechea وآخرون ٢٠١٥).

ولقد أدت المعاملة بمنشط حيوى ميكروبى يحتوى على سلالتين من الميكوريزا وعلى *Trichoderma koningii* إلى تحسين صفات الجودة أيًّا كانت حالة الرطوبة الأرضية: جيدة أو بشدٍّ جفافى معتدل أو شديد. فلقد أدت المعاملة إلى زيادة محتوى النباتات من الفوسفور والمغنيسيوم والحديد والمنجنيز والزنك بنسبة ٨٠,٨٪ إلى ٩٧,٤٪، ومختلف

الأحماض الفينولية، مقارنة بما حدث فى النباتات التى لم تُعامل بالمنشط الحيوى. كذلك أحدثت المعاملة بالمنشط الحيوى زيادة فى المحصول وفى محتوى الكالسيوم والنحاس وحامض الإيزوكلوروجنك، لكن فقط فى ظروف الرى الجيد والشدِّ الجفافى المعتدل. ولقد تأثرت صفات الجودة بالمنشط الحيوى بدرجة أكبر من تأثرها بتيسر الماء. فلم يؤد خفض الرطوبة الأرضية – إلى شدٍّ معتدل – على المحصول أو الأحماض الفينولية أو الفلافونويدات لكنها خفَّضت محتوى النباتات من المغنيسيوم بنسبة ١٢,٤٪ والزنك بنسبة ٢٦,٨٪، وكذلك حفَّضت معدل البناء الضوئى والنتح إلى النصف. أما زيادة شدِّ الجفاف لجعله شديدًا فقد خفَّض المحصول ومحتوى حامض الأسكوربك والفينولات الكلية والكورستين. ولقد تم تمثيل الجلوكسيد luteolin كاستجابة منسقة لكلٍ من الشدِّ الرطوبى والمنشط الحيوى؛ فازداد تركيزه فى النباتات التى عُومِلت بالمنشط الحيوى (Saia وآخرون ٢٠١٩).

وأحدثت المعاملة ببكتيريا المحيط الجذرى *Bacillus subtilis* No. 2 مع التسميد بحامض الهيومك تأثيرًا تآزريًّا synergistic على الخس، تمثل فى زيادة فى محتوى النيتروجين والكلوروفيل، وانخفاض فى محتوى النترات بالأوراق. ولقد وجد أن معدل التسميد بحامض الهيومك يمكن خفضه عند المعاملة بتلك البكتيريا (Pishchik وآخرون ٢٠١٦).

واستُخدم فى تسميد الخس البكتيريا المذيبة للفوسفور *Acidithiobacillus* والبكتيريا المثبتة لآزوت الهواء الجوى *Beijerinckia indica*، والفطر *Cunninghamella elegans* للحماية من الإصابات المرضية. أظهرت الأسمدة الحيوية تأثيرات متشابهة ومشابهة لاستعمال الأسمدة الذائبة على امتصاص العناصر (Stamford وآخرون ٢٠١٩).

المستخلصات الحيوية

وُجد أن الخس النامى فى مزرعة مائية تحتوى على مستوى منخفض من البوتاسيوم (١٢٥ مجم K/لتر) – مقارنة بمستوى كافٍ (٣٧٥ مجم K/لتر) – عانى من انخفاض فى

الكتلة البيولوجية، وفى معدل البناء الضوئى، وتوصيل الثغور بالأوراق، ومحتوى الأوراق من البوتاسيوم، وقدرة الأنسجة على تضادية الأكسدة. وأدى الرش الورقى لهذه النباتات التى تنمو فى المستوى المنخفض من البوتاسيوم بمستخلص حشيشة البحر *Ascophyllum nodosum* إلى زيادة النمو النسبى للنباتات. كما أدى هذا الرش أو الزراعة فى المستوى العالى من البوتاسيوم (٣٧٥ مجم K/ لتر) إلى زيادة نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة سوبر أوكسيد ديسميوتيز، وكاتاليز، وبيروكسيديز؛ مما وفَّر لها حماية من شدِّ الأكسدة ومن إنتاج فوق أكسيد الأيدروجين، وكان الرش معادلاً فى تأثيره لتأثير المستوى العالى من البوتاسيوم فى هذا الشأن، وكذلك فى زيادة مضادات الأكسدة فى الخس المقطع المجهز للمستهلك، وزيادة جودته (Chrysargyris وآخرون ٢٠١٨).

وقد دُرس تأثير المعاملة قبل الحصاد بالشيتوسان بمعدل ١٠٠ جم/لتر وبزيت شجرة الشاى tea tree essential oil بمعدل ٢,٧ مل/لتر على خصائص الخس عند الحصاد وأثناء التخزين على صفر–٢°م لمدة ٢١ يومًا. أدت المعاملة بالشيتوسان وبزيت شجرة الشاى إلى زيادة المحتوى الفينولى الكلى للخس عند الحصاد بنسبة ٣٠,٥٪، و٢١,١٪ على التوالى، وزيادة تركيز الفلافونويدات الكلية بنسبة ٤٣,٣٪، و٣٦,٤٪ على التوالى، مقارنة بما حدث فى نباتات الكنترول. كذلك كانت مضادات الأكسدة أعلى عند الحصاد فى النباتات المعاملة. ولقد استمرت تلك التأثيرات المرغوب فيها أثناء التخزين البارد. وبالمقارنة.. ازداد تركيز حامض الأسكوربيك عند الحصاد فى النباتات المعاملة بالشيتوسان وبزيت شجرة الشاى، ولكن ذلك التأثير لم يستمر أثناء التخزين. ولقد خفَّضت المعاملة بالشيتوسان أعداد الخمائر والأعفان بنحو ١,٦ لوغاريتم أثناء التخزين، مقارنة بما حدث فى نباتات معاملة الكنترول. كذلك أنقصت معاملة الشيتوسان نشاط إنزيما البولى فينول أوكسيديز والبيروكسيديز اللذان يرتبطان بتفاعلات التلون البنى. ومع هذه التأثيرات المرغوب فيها لمعاملتى الشيتوسان وزيت شجرة الشاى فإنهما لم يؤثرا فى الصفات الأكلية للخس (Viacava وآخرون ٢٠١٨).

وفى دراسة أخرى.. وُجد أن إضافة الشيتوسان للتربة بالمعدل المناسب (٠,٠٥٪ إلى ٠,٢٠٪، وزن/وزن) تؤدى إلى تحسين نمو الخس؛ حيث أدت المعاملة إلى زيادة فلورة

الكلوروفيل، وتبادل الغازات، ومساحة الورقة، والوزن الطازج للورقة، والوزن الجاف للورقة (Xu & Mou ٢٠١٨).

الأحماض الأمينية

عندما عُومِل الخس فى مزرعة مائية بالجليسين بتركيز ٩ مللى مول/لتر لمدة أربعة أسابيع مقارنة بالتسميد بالنترات بنفس التركيز، وجد أن الجليسين حفَّز تراكم المركبات التالية:

- الـ glycosylated flavonoids التالية: quercetin3-glucoside، و quercetin3-(6''-malonyl-gluoside)، و luteolin 7-glucuronide، و luteolin7-glucoside.
- حامض الأسكوربيك
- الأحماض الأمينية L-valine، و L-leucine، و L-glutamine، و asparagine، و L-serine، و L-ornithine، و 4-aminoutanoic acid، و L-phenylalanine

هذا.. إلاّ إن المعاملة خفضت كلاًّ من:

الأحماض الفينولية التالية: dihydroxybenzoic acid، و hexose isomers 1 and 2، chicoric acid isomer 1.

- الـ TCA intermediates: الأحماض fumaric، و malic، و citric، و succinic.

ويستفاد مما تقدم بيانه أن التسميد بالأحماض الأمينية يُغير من القيمة الغذائية للخس (Yang وآخرون ٢٠١٨).

وبينما أدى نقص البوتاسيوم فى المحاليل المغذية إلى ٢ مللى مول K إلى تثبيط نمو الخس فى المزارع المائية.. فإن رش النباتات بالبرولين بتركيز ١,٠ أو ١,٥ مللى مول أدى إلى التغلب على حالة تثبيط النمو تلك. وتحت ظروف نقص البوتاسيوم حثت المعاملة بالبرولين من نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة، وزادت من محتوى الأوراق من البرولين والسكريات الذائبة وحامض الأسكوربك، وخفَّضت من مستويات الـ MDA،

وأكسدة الدهون وفوق أكسيد الأيدروجين؛ الأمر الذى حدَّ من أضرار الأكسدة. وبدا أن معاملة البرولين أدت إلى زيادة معدل النمو النسبى، من خلال زيادتها. لنسبة المساحة الورقية بصفة أساسية، وصافى معدل البناء الضوئى بدرجة أقل (Zhang وآخرون ٢٠٢٠).

ولقد أدت معاملة نباتات الخس من الصنفين Lara، و Elisa بالمنشط الحيوى التجارى فيتوستم Phytostim (المحتوى على أحماض أمينية) – وذلك بالرش الورقى بعد ٤٥ يومًا من الشتل بتركيز ٣٪ – إلى تحسين النمو النباتى والمحصول، بينما أدت المعاملة بتركيز ٦٪ إلى تثبيط النمو. وأظهر التحليل الكيميائى والبيولوجى (الفينولات والفلافونويدات والكاروتينويدات وكلوروفيل أ ، وب، والـ scavenging activity) اتجاهًا مماثلاً (Mapi وآخرون ٢٠٢٢).

ومن ناحية أخرى .. فقد دُرس تأثير تسعة منتجات من منشطات النمو الحيوية المستمدة من مركبات هيومية، أو أحماض أمينية، أو بروتينات متحللة، أو مستخلصات أعشاب بحرية.. دُرس تأثيرها على نمو وجودة ثلاثة أصناف من الخس فى مزارع مائية لمدة شهر تحت ظروف متحكم فيها من حيث مقدار الإضاءة اليومية (حوالى ١٣ مول/م^{٢} يوميًّا)، وحرارة النهار والليل (٢١/٢٢ ْم). والرطوبة النسبية (٧٠٪)، وتركيز ثانى أكسيد الكربون (٨٠٠ ميكرومول/مول)، وأظهرت الدراسة عدم وجود أى تأثيرات إيجابية لاستعمال أى من تلك المنشطات الحيوية لا على صفات النمو النباتى (المساحة الورقة، وعدد الأوراق، وقطر النمو الخضرى، والوزن الجاف للنمو الخضرى والجذرى)، ولا على المحصول، أو صفات الجودة (الحنبطة، و احتراق حواف الأوراق، ولون الأوراق، والـ SPAD) فى كل الأصناف؛ فلم تختلف تلك الصفات عما كان عليه الحال فى نباتات الكنترول. هذا.. بينما كان لأحد مستخلصات الطحالب البحرية تأثيرات سلبية (Gómez & Gómez ٢٠٢٢).

الإستروبيليورين

أدت معاملة الخس ذات الأوراق الدهنية المظهر بالاستروبيليورين strobilurin (وهو: المبيد الفطرى آزوكسى ستروبين Azoxystrobin)، أو بزيادة التسميد بالنيتروجين (١٠٠ كجم N/ هكتار) إلى زيادة المحصول (بما مقداره ١٠٪، و٨,٥٪، على التوالى). كذلك أحدثت المعاملة بالآزوكسى ستربيولورين خفضًا فى محتوى النترات بالأوراق (–٤٣٪)، بينما ازدادت النترات بزيادة التسميد الآزوتى (+٥٣٪). وعندما كان التخزين لمدة ١٢ يومًا أدت المعاملة بالآزوكسى ستروبيليورين إلى تحسين القدرة على التخزين بخفضها لتحلل الكلوروفيل (–٢٧٪)، وخفضها للشيخوخة (–١٩٪)، والتلون البنى (–٥٣٪). وخفضت معاملة الأزوكسى ستروبيلورين الفينولات الكلية فى الأوراق الطازجة (–١٢,٥٪)؛ الأمر الذى يرتبط بخفض التلون البنى أثناء التخزين (Bonasia وآخرون ٢٠١٣).

الفصل الثانى عشر

السبانخ

الأصناف

الأصناف النباتية

تنتمى أصناف السبانخ إلى صنفين نباتيين، هما: *Spinacia oleracea* var. *spinosa* (Moench) وفيه البذور شوكية spiny، و *S. oleracea* var. *inermis* (Moench) Peterm.، وفيه البذور غير شوكية spineless. ويمكن الرجوع إلى الخصائص المورفولوجية للثمار والبذور التى يمكن بها التمييز بين هذين الصنفين النباتيين فى Meng وآخرين (٢٠١٨).

اختيار الصنف المناسب للزراعة

تُستخدم أصناف السبانخ بطيئة النمو وبطيئة الحنبطة (التى تكون بطيئة فى تكوين الشمراخ الزهرى مع زيادة طول النهار) فى الزراعات الربيعية المتأخرة لأجل الحصاد صيفًا. هذا.. بينما تُستخدم الأصناف السريعة النمو (وهى التى تكون أسرع فى الحنبطة) فى الزراعات الخريفية والشتوية والربيعية المبكرة. وعلى الرغم من النهار الطويل والحرارة العالية تُهئ النباتات للحنبطة، فإن الحنبطة تزداد بتعريض النباتات الصغيرة لحرارة ٤,٥–١٥,٥°م (Oregon State University ٢٠٠٣).

معاملات خاصة لأصناف زراعات التصنيع

تُقسم أصناف السبانخ إلى منبسطة (أو زاحفة) prostrate، ونصف قائمة semi-erect، ورأسية النمو upright. وعند زراعة الأصناف ذات الأوراق المجعدة savoy لأجل التصنيع فإن النباتات تُعامل أحيانًا بمنظمات النمو قبل الحصاد لأجل جعل نموها أكثر استقامة وتقليل مخاطر تلوث أوراقها بالتربة، وذلك نظرًا لصعوبة التخلص من التربة من الأوراق المجعدة أثناء الغسيل والتصنيع (Oregon State University ٢٠٠٣).

الشدِّ الملحى وأهميته

أدى تعريض نباتات السبانخ لشدٍّ ملحى معتدل (١٠/٢٠ مللى مول كلوريد صوديوم/ كلوريد كالسيوم) إلى زيادة محتوى الأوراق من الفلافونويدات والكاروتينويدات، والقدرة على الاختزال، وذلك عندما كان ذلك مُصاحبًا بالتغذية بمحلول هوجلند المغذى. ويُستدل من الدراسة أن القيمة الغذائية للسبانخ يمكن أن تتحسن مع انخفاض بسيط — فقط — أو معتدل فى المحصول، وذلك بتعريض النباتات لخفض فى معدل التسميد أو لشدِّ ملحى معتدل (Xu & Mou ٢٠١٦).

هذا.. ويُفيد الماء الملحى قليلاً brackish water فى رى نباتات السبانخ، ويعمل الغطاء البلاستيكى للتربة على التخفيف من أضرار الأملاح على النباتات (de Carvalho Leal وآخرون ٢٠٢٠).

وقد انخفض محصول السبانخ جوهريًّا عندما كانت ملوحة مياه الرى ١,٥ ديسى سيمنز/م أو أعلى من ذلك. وقد لعبت الإنزيمات CAT، و Pod، وSOD دورًا هامًّا فى ظروف شد الملوحة ونقص مياه الرى. وقد أُوصى فى حالة نقص مياه الرى مع ملوحتها بخفض معدل رى السبانخ بنسبة ٢٥٪ للمحافظة على مصادر المياه والتحكم فى ملوحة التربة (Yavuz وآخرون ٢٠٢٢).

الإضافات العضوية للتربة

حسَّن التسميد بالكمبوست — وخاصة كمبوست مخلفات الماشية — بنسبة ١٠٪ إنتاج السبانخ ونوعيتها؛ فتحسنت القيمة الغذائية بزيادة محتوى الكاروتينويدات والبروتين والأحماض الأمينية، لكن تأثير المعاملة كان محدودًا على مضادات الأكسدة (Xu & Mou ٢٠١٦).

وأدت إضافة الفيرميكمبوست للتربة إلى تحسين خصوبتها، وحفَّزت إنتاج الأوراق فى نباتات السبانخ، كما أدت إلى تأخير شيخوخة الأوراق، وتحفيز النمو، وزادت من غضاضة الأوراق ومن محتواها من الكاروتينويدات والبروتين والأحماض الأمينية إلاّ إن

إضافة الفيرميكمبوست للتربة قللت من محتوى الفلافونويدات بالأوراق؛ ومن ثم قللت من مضادات الأكسدة (Xu & Mou ٢٠١٦).

التسميد وأهميته وعلاقته ببعض حالات الشدِّ البيئى

علاقة التسميد النتراتى بتمثيل الأوكسالات

أدت زيادة مستوى تسميد السبانخ بالنترات إلى تحفيز تمثيل الأوكسالات وارتبط ذلك بزيادة فى امتصاص الجذور للنترات، وفى نشاط الأوراق فى الإنزيمين nitrate reductase، و glutamine synthetase، وذلك فى صنفين يختلفان فى مدى تراكم الأوكسالات بأنسجتهما، إلاّ أن الصنف الأعلى فى تراكم الأوكسالات به Heizhenzhu كان أعلى جوهريًّا فى امتصاص الجذور للنترات وفى نشاط الإنزيمين المذكورين أعلاه عما فى الصنف الأقل فى تراكم الأوكسالات بأنسجته Weilv (Liu وآخرون ٢٠١٥).

التسميد باليوريا فورمالدهيد بطيئة التيسر

أمكن بتسميد السبانخ بسماد اليوريا فورمالدهيد السائل البطئ التيسر خفض عدد مرات الفرتجة، وزيادة المحصول، مع زيادة محتواها من فيتامين ج (Yang وآخرون ٢٠٢١).

تأثير التسميد بالنانوموليبدنم على تراكم النترات

كان لتسميد السبانخ بالنانوموليبدنم — مقارنة بالموليبدنم العنصرى — تأثيرًا إيجابيًّا على جميع الصفات التى دُرست، والتى تضمنت الوزنين الطازج والجاف للنبات، وتراكم النترات، ونشاط النيتريت رِدكتيز nitrate reductase، وكلوروفيل أ، وب، وارتفاع النبات (Abbasifar وآخرون ٢٠٢٠).

التغلب على شد زيادة النترات بالمعاملة بأكسيد النيتريك

أدى شد زيادة النترات nitrate إلى إحداث خفض جوهرى فى نمو بادرات السبانخ، وزيادة فى أكسدة الدهون ومحتوى فوق أكسيد الأيدروجين. هذا.. إلاّ إن المعاملة بأكسيد النيتريك nitric oxide حفزت تحمل النباتات لشدِ زيادة النترات

بخفضها لنشاط العناصر المحبة للأكسدة وسمية العناصر النيتروجينية النشطة فى التفاعل reactive nitrogen species (Zheng وآخرون ٢٠١٦).

تأثير التغذية بالحديد على النمو ومحتوى الحديد

دُرس تأثير تغذية السبانخ بجرعات من الحديد تراوحت بين ٣٠، و١٥٠ ميكرومول فى مزرعة مائية، ووجد أن الجرعات المنخفضة من الحديد تسببت فى تراكم المغنيسيوم فى الجذور، ومنعت انتقاله إلى الأوراق، وإلى خفض امتصاص عناصر أخرى. وبزيادة جرعة الحديد المسمد به تحسن النمو، وزاد إنتاج المادة الجافة، وقيم الـ SPAD، وامتصاص العناصر حتى وصل تركيز جرعة الحديد المضافة إلى ١٢٠ ميكرومول. هذا.. إلاّ أن أكبر جرعة حديد (١٥٠ ميكرومول) كان تأثيرها سلبى (Simsek & Celik ٢٠٢١).

دور التسميد بالكالسيوم فى الحد من شدِّ التجمد

من المعروف أن التسميد الجيد بالكالسيوم يُحفِّز تحمل النباتات لمختلف عوامل الإجهاد البيئى. وقد وُجد أن تسميد السبانخ الإضافى بالكالسيوم لم يحد من نمو الورقة (مساحة الورقة)، لكنه أحدث زيادة طفيفة فى نسبة الوزن الجاف للنبات إلى وزنه الطازج، مقارنة بمعاملة الكنترول. وقد حسَّنت المعاملة جوهريًّا من تحمل البادرات للتجمد (على −٥,٥ إلى −٦,٥°م)، وذلك كما تبين من خفضها للتسرب الأيونى (K^+، و Mg^{2+}، والأيونات الكلية)؛ مما يدل على انخفاض الضرر للأغشية الخلوية. كما أدت المعاملة — كذلك — إلى التخفيف من الشدِّ التأكسدى (بانخفاض تراكم O_2، و H_2O_2)، وتحسين كفاءة الـ PSII potential كما وضح من فلورة الكلوروفيل، وحدوث تحسُّن فى نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة: السوبر أوكسيد ديسميوتيز، والكاتاليز، والأوسكربيت أوكسيديز (Min وآخرون ٢٠٢١).

التغلب على شدِّ زيادة الألومنيوم بالتسميد بالفوسفور

يزداد تركيز الألومنيوم فى الأراضى العالية الحموضة إلى درجة السمية. وفى السبانخ.. أدت زيادة الألومنيوم إلى زيادة فى نشاط الإنزيمات: GPX، و GR، و APX، وإلى خفض

فى نشاط CAT، وفى صبغات البناء الضوئى. ومع التسميد بالفوسفور — تحت ظروف شدِّ الألومنيوم — حدث خفض فى كلٍّ من محتوى الـ MDA وفوق أكسيد الأيدروجين، مع تحسن جزئى فى نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة، وخفض فى أكسدة الدهون (Karimaei وآخرون ٢٠٢٢).

الفصل الثالث عشر

الخضر الورقية الأخرى

الكرفــس

ارتباط جودة بذور الكرفس بمستوى النورات التى أنتجتها

عندما حُصِدت بذور نورات الكرفس (من مستوى النورة الرئيسية primary، أى الأولى، إلى نورات مستوى التفرع الثالث أى المستوى الرابع quarternary)، وُجد أن زيادة المستوى كان مصاحبًا بانخفاض فى نسبة إنبات البذور وزيادة فى متوسط فترة إنباتها. كذلك ازدادت كثافة البذور بزيادة مستوى النورة، ولكن ذلك كان مرتبطًا بطول الفترة التى استغرقتها البذور فى إكمال تكوينها، وهى التى ازدادت فى نورات المستوى الرابع، علمًا بأن الانخفاض فى كثافة البذور أثناء تكوينها كان مُصاحبًا بزيادة فى حجم الفراغات الهوائية فيها (Van der Toorn وآخرون ١٩٩٣).

البقدونس

الأصناف النباتية

الاسم العلمى للبقدونس *Petroselinum crispum* (Mill.) Nymen ex A.W.Hill، ويتبعه ثلاثة أصناف نباتية، هى: المجعد الأوراق (var. *crispum*)، والأملس الأوراق (var. *neapolitanum* Danert)، والهامبورج ذات الجذر اللفتى (var. *tuberosum* (Bernh.) crov.)

التسميد السابق للزراعة

أمكن إنتاج الكزبرة والبقدونس وكرسون الحديقة (الخضر الورقية) بنجاح بتسميدها بمخلوط من سبلة الماشية التامة التحلل المخلوطة باليوريا بنسبة ٥٠٪ لكل منهما وزنًا بوزن، وذلك على صورة حبوب أو كريات صغيرة pellets كانت كثافتها ٤٠٠ أو ٨٠٠ كجم/م^{٣} من المخلوط، حسب درجة إندماج الكريات (Souri وآخرون ٢٠١٨).

أهمية التعشيب المبكر

أظهرت دراسة على موعد التعشيب الأهمية القصوى لتعشيب البقدونس خلال العشرين يومًا الأولى التالية للإنبات، وبغير ذلك ينخفض المحصول بشدة؛ حيث وصل النقص فى المحصول إلى ٩٠٪ عندما أُجِّل التعشيب إلى ٤٠ يومًا بعد الإنبات (Karkanis وآخرون ٢٠١٢).

كثافة الزراعة والرى

فى دراسة عُومِلت فيها حقول البقدونس بكثافتين للزراعة (منخفضة ٥,٥٦، وعالية ٧,٤١ نبات/م٢)، وثلاث معدلات للرى (كنترول، ٨٦١، و ١٧٨٨ م٣/هكتار أى نحو ٣٦٠، و٧٥٠ م٣/فدان).. وُجد ما يلى:

١- كان أعلى محصول فى كثافة الزراعة العالية ومعدل الرى العالى.

٢- كانت أهم الزيوت الأساسية، هى:

terpinolene	β-phellandrene
limonene	1,3,8-p-menthatrine
alpha-pinene	Myristicin
alpha-phellamdrene	Myrcene

٣- أعطت معاملة الرى المنخفضة أعلى تركيزات من معظم المركبات؛ فكانت:

١٥٠ مجم/كجم من الـ 1,3,8-p-menthatrine

٤٦,٨ مجم/كجم من الـ myristicin

٣٣,٧ مجم/كجم من الـ myrcene

٤- وُجد تأثير مماثل لكثافة الزراعة؛ فأعطت الكثافة المنخفضة ما يلى:

١٤٣ مجم/كجم من الـ 1,3,8-p-menthatrine

١٣٠ مجم/كجم من الـ β-phellandrene

٣٨,٤ مجم/كجم من الـ myristicin

٥- كانت نكهة البقدونس أعلى جوهريًّا فى كل من أقل كثافة زراعة وأقل معدل رى، وأُوصى بكثافة زراعة ٥,٥٦ نبات/م٢. وبمعدل رى ٨٦١ م٣/فدان لأعلى نكهة مع المحافظة على المحصول (El-Zaeddi وآخرون ٢٠١٦).

الكسبرة

التسميد الورقى باليوريا

يُحدث رش الكسبرة باليوريا بتركيز ٢,٥٪ تأثيرًا جوهريًّا على محصول الحشية الثانية (Sharangi وآخرون ٢٠١١).

منشطات النمو

الكائنات الدقيقة

أدى تلقيح الكسبرة ببكتيريا المحيط الجذرى *Bacillus halotolerans* إلى زيادة محتوى أوراقها من كلٍّ من البوتاسيوم والكالسيوم والحديد، مع إحداث تحسن جوهرى فى محتواها من المركبات الفينولية، كان منها المركبات الآتية:

5-O-caffeoylquinic acid
cinnamic acid
4-methoxy-cinnamic acid hexoside
K-3-O-rutinoside
Q-3-O-rutinoside
Q-3-O-glucuronide

ولقد كانت البكتيريا نشطة فى استعمار الجذور (Jinénez-Gómez وآخرون ٢٠٢٠).

الأحماض الأمينية

أدت إضافة الحامض الأمينى جليسين glycine للتربة بمعدل ٣٠٠ أو ٦٠٠ مجم/كجم من التربة إلى تحسين خصائص نمو الكزبرة (فى دراسة بالبيت المحمىّ)؛ حيث ازداد — جوهريًّا — كلاًّ من ارتفاع النبات، وقراءة الـ SPAD بالأوراق، والوزن

الطازج للنمو الخضرى والجذور، وخاصة مع المستوى المرتفع من الجليسين. كذلك خفَّضت معاملة الجليسين من عدد النباتات التى أزهرت، بينما أدت إلى زيادة محتوى المواد الصلبة الذائبة وفيتامين ج، وتركيز عناصر النيتروجين والكالسيوم والبوتاسيوم والفوسفور والحديد والزنك بالأوراق، دون التأثير على محتوى المغنيسيوم والمنجنيز (Mohammadipour & Souri ٢٠١٩).

الهندباء

تأثير مستوى التسميد بالنيتروجين على المحتوى النتراتى بالنبات والإصابة باحتراق حواف الأوراق

تم رى الهندباء المزروعة فى عروات شتوية وربيعية وصيفية فى كل من الصوبة والحقل بمحلول مغذٍ يحتوى على تركيز منخفض من النترات (٧٫٩١ مللى مول/لتر)، أو متوسط (١٦٫٩ مللى مول/لتر)، ووجد أن المستوى المتوسط نتج عنه تركيز أعلى من النترات بالأوراق فى جميع العروات، ولم يكن لتركيز النترات فى المحلول المغذى تأثيرًا على الإصابة باحتراق حواف الأوراق. ومقارنة بالزراعة الحقلية.. فإن الزراعة فى الصوبة صاحبها تراكم أكبر للنترات، وإصابة أعلى باحتراق حواف الأوراق (Gromaz وآخرون ٢٠١٧).

الشيكوريا

استهلاك الجذور

استُخدمت عبر التاريخ جذور الشيكوريا المطحونة كبديل للبن عند عدم توفر البن أو ارتفاع أسعاره. وجذور الشيكوريا طويلة ورفيعة، وهى تُستخدم بعد تجفيفها وتحميصها وطحنها، وهى لا تحتوى على كافين، ويمكن خلطها مع البن بنسبة ٣٠٪ لتقليل محتوى القهوة من الكافين. ومن مزايا جذور الشيكوريا أنها تُفيد فى تنظيف الدم وفى صحة الكبد. كذلك فإن الجذور يمكن طهيها فى الماء واستهلاكها كخضر (About.com: coffee/tea ٢٠٠٧ — الإنترنت).

المعاملة بالسيليكون لتحسين النمو والجودة بعد الحصاد

أدى رش نباتات الشيكوريا بالسيليكون بتركيز ١٢,٥٢ جم/لتر بدءًا من اليوم الثامن والعشرين بعد الشتل، ثم كل ١٠ أيام بعد ذلك إلى زيادة تراكم السيليكون بالنبات، وإلى زيادة النمو النباتى، مع انخفاض فى فقد الماء من الأوراق بعد الحصاد (Neto وآخرون ٢٠٢٢).

المعاملة بالميكوريزا للتغلب على شدِّ الجفاف

أدى خفض الرطوبة الأرضية — فى دراسة حقلية — من الرى بعد استنفاذ ٩٠٪ من الماء الميسر إلى الرى بعد استنفاذ ٦٥٪ أو ٤٠٪ من الماء الميسر — إلى خفض المحتوى المعدنى ودلائل البناء الضوئى فى الشيكوريا؛ سواء أكانت النباتات قد لُقِّحت بالميكوريزا أم لم تلقح. ولقد تميزت النباتات التى عُومِلت بالميكوريزا بتحملها لأضرار شدِّ الجفاف، بارتفاع محتواها من الإنيولين inulin، مقارنة بما حدث فى النباتات التى لم تُعامل بالميكوريزا، وذلك فى كل مستويات الرطوبة الأرضية. وشهدت نباتات الشيكوريا التى عُوملت بالميكوريزا فى ظروف الشدِّ الرطوبى تحسنًا فى النظام المضاد للأكسدة، مثل نشاط الـ superoxide dismutase، والـ peroxidase، وحامض الأسكوربك، والجلوتاثيون، بينما انخفض فوق أكسيد الأيدروجين وأضرار الأكسدة (Langeroodi وآخرون ٢٠٢٠).

الفينوكيا

جودة البذور وعلاقتها بمستوى النورة المنتجة لها

تنخفض جودة بذور الفينوكيا مع زيادة مستوى النورة الحاملة لها من المستوى الأول إلى الرابع (مستوى التفرع الثالث)؛ حيث تُنتج النورة الرئيسية ونورات التفرع الأول (المستوى الثانى) أفضل البذور فى نسبة الإنبات وقوته؛ لذا.. يلزم فصل بذور المستويات الأخرى عنها (Mor وآخرون ٢٠٠٩).

الرجلة

تأثر محتوى الأحماض الدهنية ومضادات الأكسدة بالحشة وبمستوى التسميد الآزوتى

تُعد الرجلة من الخضر الغنية بالأحماض الدهنية ومضادات الأكسدة، وهى المكونات التى تتأثر بالتسميد وبترتيب الحشَّات. ولقد وُجد أن التسميد بالنيتروجين بمعدل ١٠٠ كجم نيتروجين للهكتار (٤٢ كجم N للفدان) قلل من محتوى النمو الخضرى من كلٍّ من الفينولات الكلية، والفلافونويدات، والبيتاكاروتين والكلوروفيل، إلاّ إن تلك المكونات ازدادت فى الجرعات الأعلى من النيتروجين حتى ٣٠٠ كجم N للهكتار (١٢٦ كجم N للفدان)، دون تخطى المحتويات الأولية عند صفر N. كذلك انخفض تدريجيًّا محتوى حامض الأسكوربك وحامض البالمتك palmitic وحامض الاستيارك stearic، والنشاط المضاد للأكسدة، بينما ازداد محتوى حامض اللينوليك linoleic acid وألفا حامض اللينولنك alpha-linolenic acid بزيادة معدل التسميد بالنيتروجين. وأدى التسميد بالفوسفور والبوتاسيوم إلى خفض محتوى الفينولات الكلية وحامض الأسكوربك، لكن البيتاكاروتين ازداد بالتسميد بالبوتاسيوم. ووُجد أن محتوى الفينولات الكلية وحامضى اللينوليك وألفالينولنك كانت عالية فى الحشة الأولى، بينما ازداد محتوى البيتاكاروتين والكلوروفيل وحامضى البالمتك والاستيارك فى الحشة الثانية (Montoya-Garcia وآخرون ٢٠١٨).

تأثير المعاملة بالسيليكون على القيمة الغذائية

تتميز الرجلة بكونها غنية فى مضادات الأكسدة، والفينولات، والفلافونويدات، والدوبامين dopamine. وعندما عُومِلت النباتات بالسيليكون كسماد أرضى أو بالرش الورقى بتركيز ١، و ٢ مللى مول لكلتا الطريقتين.. كان أعلى تركيز للسيليكون بالأوراق عندما كانت المعاملة بالرش الورقى بتركيز مللى مول واحد. وادت هذه المعاملة — كذلك — إلى زيادة وزن الأوراق، ومحصول البذور، ومحتوى الأوراق من الفينول والفلافونويدات. كما أحدثت المعاملة الأرضية بالسيليكون بتركيز مللى مول واحد زيادة فى تركيز الدوبامين

بمقدار ٢,٥ ضعف، مقارنة بمعاملة الكنترول. كذلك أدت المعاملة الأرضية بالسيليكون إلى زيادة صبغات البناء الضوئى وتركيز الفوسفور بالأوراق.

السلق السويسرى

تأثير نسبة النيتروجين الأمونيومى إلى النتراتى على المحصول وجودته

يُفضل أن تكون نسبة النيتروجين الأمونيومى إلى النيتروجين النتراتى ١ : ٣، وذلك لأجل زيادة محصول السلق السويسرى وزيادة محتوى الأوراق من الكاروتينويدات والكلوروفيل (Barickman & Kopsell ٢٠١٦).

الأمارانث

الأنواع والأصناف وتعريف بالمحصول وأهميته

يُعد الأمارانث Amaranth أهم الخضر الورقية فى المناطق الاستوائية من كل من أفريقيا وآسيا، وتتباين الأنواع المنتشرة فى الزراعة منه؛ حيث يكثر النوع *Amaranth tricolor* L. فى شرق آسيا و *A. cruentus* (L.) Sauer فى أفريقيا، و *A. dubius* Mart. Ex Thell فى جزر البحر الكاريبى.

والأمارانث من الخضر الغنية بكل من فيتامينى A، و C وبعناصر الكالسيوم والحديد، إلا إن محتواه العالى من حامض الأوكساليك قد يقلل من تيسر ما به من كالسيوم.

تُستعمل أوراق النبات وهى صغيرة بطول ٥–١٠ سم.

الأزهار كثيرة جدًّا وتُحمل فى سنابل طرفية أو جانبية، وهى ليست صالحة للأكل، إلاّ إن بذورها الصغيرة تؤكل.

يُزرع الأمارانث الأفريقى *A. cruentus* – أساسًا – لأجل بذوره، بينما يُزرع النوعان الآخران – الصينى والكاريبى – لاستعمالها كخضر تُطهى مثل السبانخ (عن Paldad & Crossman ١٩٩٩).

ويُعرف الأمارانث الصينى Chinese amaranth كذلك باسم السبانخ الصينى أو tampala واسمه العلمى — كما أسلفنا — هو *Amaranthus tricolor* L.، ويتبع عائلة الـ Amaranthaceae.

النبات حولى يزرع بالبذرة، وتستعمل أوراقه وسيقانه الصغيرة الغضة كخضر يطهى. يبلغ طول النباتات المكتملة النمو ٣٠–٩٠ سم، وتكون أوراقها بطول ١٥ سم.

وعند استعمال النبات كخضر فإنه إما أن يقلع عند عمر ٣–٤ أسابيع، وإما تُقطف قمته فى هذه المرحلة، مع حصاد النموات الجانبية التى تظهر بعد ذلك (عن Magness وآخرين ١٩٧١ — الإنترنت).

وبعض أنواع المارانث .*Amaranth* spp تُزرع لأجل حبوبها (بذورها) التى تتميز بارتفاع محتواها من الليسين، كما يستعمل بعضها الآخر كنباتات زينة (Shands & White ١٩٩٠).

وتزرع بعض أصناف الأمارانث لاستعمال كل من الأوراق والحبوب.

وعلى خلاف السبانخ — التى يتقارب الأمارانث معها فى الطعم — فإن الأمارانث من نباتات الجو الدافئ التى تجود زراعتها صيفًا ويناسبها الجو الحار.

يلزم لإنبات البذور ونمو النباتات جيدًا حرارة مقدارها ٢٥°م، ولا تنبت البذور فى حرارة تقل عن ١٨°م (عن Singh & Whitehead ١٩٩٦).

ولقد أُجرى تقييم لسلالات من أنواع مختلفة من الجنس *Amaranthus* من حيث كمية الإنتاج والجودة، وأُجرى الحصاد بالحش بعد شهر من الزراعة ثم كل أسبوعين بعد ذلك طوال موسم النمو، كان أعلى إنتاج فى الحشة الأولى وانخفض تدريجيًّا فى الحشات التالية. ولقد كان أعلى إنتاج للنوع *A. hypochondriacus* (٤٣ طن/هكتار أو نحو ١٨/فدان)، وأقل إنتاج من النوع *A. tricolor* (١٣ طن/هكتار أو نحو ٥,٥ طن/فدان).. وقد كان كلا هذين النوعين الأفضل مذاقًا، وكان *A. tricolor* الأفضل قوامًا (Allemann وآخرون ١٩٩٦).

كذلك أُجرى تقييم لعشرة أصناف من الأمارانث *Amaranthus* sp.، شملت ثمانية أصناف من *A. tricolor*، وصنف من *A. virdis*، وصنف من *A. hybridus*، ووُجد ما يلى:

١- أنتج الصنفان Green Pointed Leaf، و Miriah أعلى محصول من النمو الخضرى.

٢- كان الصنف Green Callaloo عالى المحصول، ولكن بنسبة ضعيفة من الأوراق إلى السيقان، وهو صنف متقزم.

٣- كان الصنف White Leaf قليل المحصول، ولكن بنسبة ممتازة من الأوراق إلى السيقان.

أنتج الصنفان Red Callalo، و Red Garnet محصولاً منخفضًا، ولكن بنسبة ممتازة من الأوراق إلى السيقان (Schweig & Brown ٢٠١٨).

نظام الحصاد وتأثيره على المحصول والجودة

لم يؤثر توقيت حصاد أوراق الأمارانث على محصول البذور أو الجودة. ولم يتسبب حصاد ٥٠٪ من الأوراق — فى أى وقت — فى أى خفض جوهرى فى محصول البذور، بينما تسبب حصاد ١٠٠٪ من الأوراق — فى أى مرحلة من النمو — فى خفض محصول البذور. وقد اختلفت القيمة الغذائية للأوراق كثيرًا خلال مراحل النمو، وكان أعلى تركيز للحديد بالأوراق فى منتصف مرحلة النمو الخضرى، وأعلى مستوى لفيتامين أ والنحاس فى نهاية مرحلة النمو الخضرى. وكانت الاستساغة الأكلية أعلى ما يمكن فى الأوراق الحديثة، وانخفضت مع تقدم النبات فى العمر. ولم يكن لوقت حصاد الأوراق أو شدته تأثيرًا على التفريع. وبذا.. فإن على المزارعين الذين يرغبون فى حصاد كلاًّ من الأوراق والبذور حصاد حتى ٥٠٪ من الأوراق فى أى مرحلة من النمو الخضرى، مع توقيت الحصاد حسب الاحتياجات من القيمة الغذائية والاستساغة الأكلية (Hoidal وآخرون ٢٠٢٠).

خضر السلاطة الورقية

يُطلق اسم خضر السلاطة الورقية salad green على مجموعة كبيرة من الخضروات التى تُستهلك أوراقها، والتى تضم – إلى جانب الطرز التجارية المختلفة من الخس – أنواعًا كثيرة، منها مايلى:

– أذرة السلاطة corn salad.

– lamb's lettuce.

– field salad.

– mache (*Valerianella locusta*).

– الداندليون dandelion (*Taraxacum officimale*).

– السوريل الفرنسى French sorrel (*Rumex scutatus*).

– سوريل الحديقة garden sorrel (*R. acetosa*).

– كلايتونيا claytonia (*Claytonia perfoliata*).

– Mizuna (*Brassica rapa* subsp. *japonica*).

– الرجلة purslane (*Portulaca oleracea*).

– الجرجير البرى.

– الجرجير المنزرع.

– الكرسون المائى.

– الشيكوريا.

– البنجر.

– السلق.

– الكيل

– المسترد

– اللفت

– الكرنبيات الآسيوية

تُستهلك الأوراق الصغيرة لجميع تلك الخضروات، وتحصد وهى مازالت صغيرة لتستخدم فى السلاطة.

تُبرد كل تلك الأنواع بعد الحصاد مباشرة إلى الصفر المئوى وتخزن على نفس الدرجة، مع ٩٥٪ – ١٠٠٪ رطوبة نسبية، حيث يمكن أن تحتفظ بجودتها لمدة ١٠– ١٤ يومًا.

وجميع هذه الخضر لا تصاب بأضرار البرودة، ولا تنتج الإثيلين إلا بمعدلات منخفضة جدًّا، ولكنها شديدة الحساسية له إذا تعرضت له من مصادر خارجية، حيث يُفقد الكلوروفيل من الأوراق وتصبح صفراء اللون (Wright ٢٠٠٤).

المِسكلن

تُستخدم كلمة مِسكلّن misclun لوصف خليط من أوراق عدة أنواع نباتية تستعمل كسلاطة خضراء. وتقليديًّا كان المسكلن فى منطقة Province فرنسية يتكون من أربعة خضروات، هى: السرفيل أو البقدونس الإفرنجى chervil، والجرجير arugula، والخس، والهندباء بنسب دقيقة. ويعرف المسكلين – كذلك – بالأسماء: spring mix، و boutique salad، و field greens وتزاد سريعًا المساحات التى تزرع بالمسكلن فى جنوب أوروبا.

يتكون المسكلين (عن Ryder ٢٠٠٢) من أوراق كاملة صغيرة تُحصد عندما تكون بطول ١٠ سم أو أقل من ذلك. تزرع مكونات المسكلن فى مصاطب، وتحصد باستعمال سكين صغير وهى بعمر حوالى أربعة أسابيع. ويمكن خلط عدة طرز من الخس فى

المصطبة الواحدة، بينما تزرع الأنواع الأخرى منفردة فى مصاطب أخرى. يحتوى المنتج النهائى على ١٠–١٥ مكونًا ويكون خليطًا من الألوان والمذاقات. وقد تتضمن المكونات طرزًا من الخس (رومين أخضر وأحمر، وورقى أخضر وأحمر، وأوراق البلّوط، ودهنية المظهر خضراء وحمراء، ولاتينى latin)، وأوراق بنجر، وسبانخ، وسلق سويسرى، و perilla (وهى: *Perilla frutescens*)، و frisee (هندباء مجعدة)، وشيكوريا مجعدة، و tat spy (وهو *Brassica repa*)، و mizuna (وهو *Brassica campestris*)، ومسترد، وطرز متنوعة من الكيل، والسبانخ الحجازى، وأذرة السلاطة (mache) (وهو *Valeianella locusta*)، والسرفيل (البقدونس الإفرنجى) (وهو *Anthriscus cerefolium*)، والداندليون (*Taraxacum officinale*)، والرجلة (*Portulacea oleracea*) والجرجير (*Eruca vesicaria*).

مصادر إضافية بشأن الخضر الورقية والأعشاب

لمزيد من التفاصيل حول الخضر الورقية والأعشاب يُراجع Bhardwaji وآخرين (٢٠٠٧)، و Shands & White (١٩٩٠)، و Chaput (١٩٩٨)، و Rubatzky & Yamaguchi (١٩٩١)، علمًا بأن عددًا كبيرًا منها يعد من الخضر المطلوبة للتصدير.

الفصل الرابع عشر

البطاطس

أهمية ألوان الطيف فى إنتاج ونوعية الدرنات الميكرو فى مزارع الأنسجة

دُرس تأثير تعريض مزارع أنسجة البطاطس لألوان طيف مختلفة ومنفردة monochromatic من لمبات LED على إنتاج الدرنات الميكرو microtubers وجودتها، ووُجد ما يلى:

١- أدى الضوء الأزرق (٤٤٠ نانوميتر) إلى إنتاج عدد كبير من الأوراق؛ الأمر الضرورى لنمو الدرنات الميكرو.

٢- أدى الضوء الأحمر (٦٢٠ نانوميتر) والأخضر (٥٢٠ نانوميتر) إلى حث سرعة تكوين الدرنات الميكرو.

٣- أدى الضوء الأخضر (٥٢٠ نانوميتر) والأحمر (٦٦٠ نانوميتر) إلى حث تكوين درنات ميكرو فى مرحلتى النمو المتوسطة والمتأخرة.

٤- أدى الضوء الأزرق إلى تقصير فترة سكون الدرنات الميكرو الأقل من ٣٠٠ ملليجرام وزنًا.

٥- لم يناسب الضوء الأصفر (٥٩٠ نانوميتر) تكوين الدرنات الميكرو أو النمو.

ومن ثم فإنه يمكن تعريض مزارع الأنسجة لألوان مختلفة من الطيف فى مراحل النمو المختلفة لتقصير دورة إنتاج الدرنات الميكرو (< ٥٠ ملليجرام) وزيادة عددها (Li وآخرون ٢٠٢٠أ).

هذا.. ويفيد التعريض للضوء الأبيض مع الضوء الأحمر أو الأزرق فى تحوير تكوين الدرنات الميكرو ونموها وسكونها فى مزارع الأنسجة؛ فمثلاً.. حث الضوء الأحمر منفردًا

نمو الدرنات الميكرو، بينما أدت إضافة الضوء الأبيض مع الأحمر إلى خفض عدد الدرنات الميكرو المتكونة ولكنه أدى إلى زيادة وزنها. وبينما أدى التعريض للضوء الأزرق منفردًا إلى زيادة نمو الدرنات وتقصير فترة سكون الدرنات الأكبر من ٣٠٠ مجم وزنًا، فإن إضافة الضوء الأبيض إلى الأزرق قلل من وزن الدرنات الميكرو، ولكن مع زيادة عددها. وأدت إضافة اللون الأبيض لأى من اللونين الأحمر أو الأزرق إلى إطالة فترة سكونها (Li وآخرون ٢٠٢٠ب).

تخضير التقاوى

دُرس تأثير التخضير Chitting الخفيف للتقاوى قبل زراعتها على إسراع نضج المحصول فى أربعة أصناف من البطاطس تتباين فى موعد نضجها الطبيعى، مع إحداث تباين فى عمرها الفسيولوجى بتعريضها لظروف مستحِثة للنموات (حرارة ١٣–١٥ ْم، ورطوبة نسبية ٤٠٪–٥٠٪، وضوء منتشر diffused بقوة ١١–٢٠ ميكرومول/م^{٢}/ثانية)؛ حيث ازداد عمرها الفسيولوجى بزيادة فترة تعرضها لظروف حث التبرعم، وذلك كما ظهر من نسبة البراعم المتبرعمة وطول النمو/درنة، وعدد السيقان/نبات. وقد أدت زيادة فترة التخضير إلى زيادة عدد السيقان/نبات؛ الأمر الذى ارتبط بزيادة عدد الدرنات/نبات. ولقد أدت زيادة العمر الفسيولوجى للتقاوى إلى إحداث إسراع جوهرى فى النمو النباتى. بتقليل عدد الأيام حتى الإنبات وحتى تكوين الدرنات، وإسراع النمو الخضرى فى كل الأصناف، وزيادة دليل الحصاد والمحصول والكثافة النوعية للدرنات، دونما أى تأثير على النمو الثانوى بها. هذا إلاّ إن التبكير فى النضج لم يظهر فى صنف مبكر (Superior) من مجمل الأصناف التى استُخدمت فى الدراسة (Chang وآخرون ٢٠٢٠).

الأغطية النباتية

أدى استعمال غطاء نباتى من قماش غير منسوج unwoven fabric للبطاطس إلى خفض الإصابة بالجرب المسحوقى الذى يُسببه الفطر *Spongospora subterranean*

بنسبة ٥٤٪ إلى ٩٣٪، مقارنة بالكنترول، وإلى خفض تثألل الجذور بنسبة ٩٦٪. وقد أُرجع ذلك إلى رفع الغطاء لحرارة التربة الدنيا والقصوى بمقدار ١,٨، و٤,٢ °م، على التوالى (Tsror وآخرون ٢٠٢٠).

تأثير الجفاف وانضغاط التربة

يؤدى انضغاط التربة وجفافها إلى ضعف النمو الجذرى للبطاطس، والحد من تيسر الرطوبة للنباتات؛ مما يؤدى إلى نقص الرطوبة بالأوراق. ولقد وُجد أن انضغاط التربة بكثرة مرور الآلات عليها حدَّ من النمو النباتى، بينما لم يتأثر جوهريًّا محتوى الأوراق المائى ومعدل البناء الضوئى ومستوى حامض الأبسيسك بالأوراق بالمعاملات. ولقد ارتبط المحصول خطيًّا مع الكتلة البيولوجية للنبات فى منتصف موسم النمو. وبينما أدى انضغاط التربة ونقص الرطوبة الأرضية إلى خفض محصول الدرنات بنسبة ٢٣٪ إلى ٣٤٪، فإن توزيع أحجام الدرنات اعتمد أكثر على الرطوبة الأرضية منها على انضغاط التربة. وقد أنتجت النباتات التى تعرضت للجفاف درنات صغيرة كثيرة مقارنة بإنتاج نباتات الكنترول (Huntenburg وآخرون ٢٠٢١).

تأثير التسميد الآزوتى على سكون الدرنات وتبرعمها

أدى خفض مستوى التسميد بالنيتروجين إلى ٢١٠ كجم/هكتار (أو نحو ٨٨ كجم/فدان) إلى إطالة فترة سكون الدرنات بنحو ٣–٦ أسابيع، مما يناسب الاستهلاك، بينما أدى التسميد الآزوتى المناسب إلى تقصير فترة السكون وزيادة محصول درنات التقاوى، وزيادة التبرعم فيها؛ لتنتج سيقانًا أكثر ومحصولاً أعلى عند زراعتها (Zhang وآخرون ٢٠٢٢).

معاملات التغلب على شدِّ العوامل البيئية

نقص العناصر

يمكن أن يُحسِّن السيليكون من كفاءة استخدام النبات للفوسفور بزيادة تيسره فى التربة؛ بما يعنى زيادة المحصول فى ظروف نقص الفوسفور. وقد أدت إضافة السيليكون

للبطاطس إلى زيادة الفوسفور العضوى وغير العضوى بالأوراق. وفى المستويات المنخفضة من التسميد بالفوسفور، أدت المعاملة بالسيليكون — كذلك — إلى زيادة الفوسفور العضوى بالدرنات، إلا إن ذلك لم يُحسِّن من إنتاج المادة الجافة أو محصول الدرنات. وبالمقارنة.. أدى التسميد بالفوسفور إلى زيادة نمو ومحصول النباتات. كذلك ازداد امتصاص النباتات للسيليكون مع التسميد بالفوسفور والمعاملة بالسيليكون (Sorratto وآخرون ٢٠١٩).

الجفاف

أدى شد الجفاف إلى خفض محصول البطاطس، وازداد النقص حتى ٥٠٪ بزيادة الشد الرطوبى، كما أدى إلى زيادة محتوى الأوراق من البرولين. وأدى التلقيح بالميكوريزا *Rhizophagus intaradices* إلى زيادة محصول الدرنات حتى ٣٦٪ (Khosravifar وآخرون ٢٠٢٠).

وعند شحة مياه الرى وضرورة التوفير فيها، فإنه يُفضل التخطيط لإجراء الرى الكافى خلال الفترة من بدء تنشئة الدرنات حتى وصولها إلى ٥٠٪ من حجمها النهائى بدلاً من إجراء الرى بدءًا من ٥٠٪ من بلوغ الدرنات ٥٠٪ من حجمها حتى نهاية نموها. كما أن الرى خلال الفترة الموصى بها لم يختلف فى تأثيره على الوزن الجاف للدرنات أو توزيع نواتج البناء الضوئى بين النمو الخضرى والدرنى، لكنه حسَّن من القيمة المغذية للدرنات؛ حيث أدى إلى زيادة محتوى الدرنات من المادة الجافة والنشا، وكذلك السكريات المختزلة والبروتينات والرماد (Ierna & Mauromicale ٢٠٢٢).

الملوحة

وُجد أن رى البطاطس بماء ممغنط كهربائيًّا electromagnetic water قد يكون مفيدًا فى تحسين إنتاج وجودة البطاطس فى ظروف الملوحة العالية (Akrimi وآخرون ٢٠٢٠).

وأدت معاملة صنفين من البطاطس، أحدهما متحمل للملوحة (وهو: N-Y Lara)، والآخر حساس (وهو: NARC 110-720) بحامض السلسيلك بتركيز ٠,٥–٠,٨٩ مللى مول — بعد تعرضهما لشدٍّ ملحى معتدل قدره ٥٠ مللى مول كلوريد صوديوم لمدة سبعة

أيام.. أدت إلى حث أعلى مستوى من تحمل الملوحة مقارنة بالتركيزات الأخرى من حامض السلسيلك (١,٠، و ١,٢٥ مللى مول). ولقد تأكد هذا التأثير من خلال زيادة النشاط المضاد للأكسدة لإنزيمات: CAT، و SOD، و POD، ومن خلال التنظيم الأسموزى، ومحتوى البرولين، والفينولات الكلية، والعلاقات المائية، والتبادل الغازى، والصفات المورفولوجية ومحصول الدرنات، ومحتوى البوتاسيوم، مع انخفاض فى تركيز الصوديوم. هذا.. بينما أحدثت المعاملة بالتركيزات العالية (١,٠، و ١,٢٥ مللى مول) تأثيرات سلبية على الصفات المدروسة (Farid وآخرون ٢٠٢٢).

منشطات النمو

الكائنات الدقيقة

لبكيتريا المحيط الجذرى أهمية كبيرة فى حماية البطاطس من الإصابات المرضية، وفى تحفيز النمو، وكسماد بيولوجى، وفى زيادة الإنتاج. ولتفاصيل هذا الموضوع يمكن مراجعة Aloo وآخرين (٢٠٢٠).

وفى دراسة سُمِّدت فيها البطاطس بالـ K-feldspar ولقِّحت بالبكتيريا المذيبة للبوتاسيوم *Bacillus cerus* .. أدى ذلك — مقارنة بعدم التلقيح بالبكتيريا — إلى مايلى:

١- حدثت زيادة جوهرية فى ارتفاع النبات، وعدد السيقان، والوزن الجاف للنمو الخضرى بنسبة ١٥٪، و٢٧٪ و٢٦٪، على التوالى.

٢- ازداد البوتاسيوم الميسر فى التربة بنسبة ٤٢٪.

٣- ازداد امتصاص النبات للبوتاسيوم بنسبة ٦٢٪.

٤- زيادة امتصاص وتركيز عناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم بالنباتات.

٥- زيادة محصول الدرنات الكبيرة والمتوسطة والصغيرة بنسبة ٢٠٪، و٢٦٪، و٢٥٪، على التوالى (Ali وآخرون ٢٠٢١).

ولقد أدت المعاملة بالميكوريزا — قبل زراعة البذور الحقيقية، ثم عند ظهور البادرات —

بجراثيم الميكوريزا إلى زيادة محتوى الدرنات المنتجة من نواتج الأيض ومن العناصر (Lone وآخرون ٢٠٢٠).

وأدى تلقيح البطاطس بالميكوريزا arbuscular mycorrhizas إلى تنشيط الإنزيمات المضادة للأكسدة كاتاليز، وبيروكسيديز، وأسكوربيت بيروكسيديز بالأوراق أو بالأوراق والجذور حسب الصنف، وكان لذلك مردود إيجابى على المحصول؛ حيث ازداد بنسب تراوحت بين ٢٠٪، و٣٦٪ حسب الصنف (Adavi وآخرون ٢٠٢٠).

محفزات النمو البيولوجية والمستخلصات

تتضمن محفزات النمو البيولوجية منتجات ومواد، مثل: المواد الهيومية، والأعشاب البحرية ومستخلصات الطحالب، والبروتينات المتحللة hydrolysed proteins والأحماض الأمينية، والكائنات الدقيقة. ولقد كان لجميع محفزات النمو البيولوجية التى استُخدِمت فى إنتاج البطاطس تأثيرات مفيدة على كل من الإنتاج وجودة الدرنات. كما ان مستخلصات الأعشاب البحرية والمركبات الهيومية يمكن أن تقلل من معدلات التسميد العادية دون حدوث انخفاض فى المحصول. ومن أهم صفات الجودة التى تتأثر بالمحفزات الحيوية حجم الدرنات ومحتواها من البروتين وفيتامين ج والنشا والفينولات. ومن أسباب تباين نتائج دراسات استخدام المحفزات الحيوية فى إنتاج البطاطس تباينها فى مصادرها وطريقة إنتاجها والأنواع الميكروبية، وتباين العوامل البيئية والمعاملات الزراعية ومواعيد المعاملة. ولقد تناول Caradonia وآخرون (٢٠٢٢) هذا الموضوع بالشرح فى مقال مرجعى.

وأظهرت نباتات البطاطس التى عُومِلت بالمستخلص المائى للكمبوست (شاى الكمبوست compost tea) مقاومة أكبر للإصابة بالفطر *Rhizoctonia solani*، مع تحسن فى المحصول، وفى عدد السيقان، ووزن الدرنة وحجمها، مع تبكير فى تبرعم الدرنات، وخاصة درنات النباتات التى عُومِلت بالتركيز العالى من شاى الكمبوست. وخفَّضت المعاملة بشاى الكمبوست من عيوب البطاطس المقلية وحسَّنت من جودتها، وقللت من المواد الصلبة الذائبة فيها، مع زيادة فى محتواها الرطوبى (-González Hernández وآخرون ٢٠٢٢).

منظمات النمو

يتميز صنف البطاطس Bondi بنموه الخضرى القوى الغزير، وبمحتواه العالى من الجبريللينات؛ مما يجعله مثالى لدراسة كفاءة مثبطات تمثيل الجبريللين فى الحد من النمو الخضرى وزيادة المحصول. ولقد وُجد أن رش النمو الخضرى بالـ prohexadione-calcium يُضعف النمو الخضرى دونما أى تأثير على عدد الدرنات أو حجمها أو المحصول. وعلى خلاف ذلك.. أدت المعاملة بالبكلوبترازول baclobutrazol قبل بدء وضع الدرنات إلى تقليل أقصى نمو خضرى من ٩١ إلى ٣٦ طن/هكتار، وزيادة محصول الدرنات/نبات من ٤,٤ إلى ٨,٩ كجم، وتقليل متوسط الوزن الطازج للدرنة من ٢٩٦ إلى ١٨٨ جم/درنة. دونما أى خفض لمحصول الدرنات؛ الأمر الذى أدى إلى زيادة دليل الحصاد. هذا.. إلاّ إنه عندما كانت المعاملة بالبلكوبترازول بعد بدء وضع الدرنات، فإنها خفَّضت أقصى نمو خضرى من ٩١ إلى ٧٢ طن/هكتار دونما أى تأثير على عدد الدرنات أو حجمها أو المحصول. ويعنى ذلك أن البلكوبترازول يمكن أن يُحور من العلاقة بين مصدر البناء الضوئى source ومكان تخزين الغذاء بالدرنات sink لأجل زيادة كفاءة الإنتاج (Ellis وآخرون ٢٠٢٠).

الفصل الخامس عشر

البطاطا

التكاثر

إنتاج التقاوى المعتمدة وتخليصها من الإصابات الفيروسية

يؤدى استمرار إكثار البطاطا من الزراعات السابقة عامًا بعد عام إلى تدهور الصنف المستخدم بسبب الإصابات الفيروسية وتراكم الطفرات به. لذا.. يتعين الاهتمام بإنتاج التقاوى المعتمدة certified seed stock التى تُستخدم فى الزراعة التجارية، وهى التى تبدأ بانتخاب تقاوى المربى breeder's seed سنويًّا بواسطة المربى لتكون مطابقة للصنف وخالية من الإصابات المرضية، وخاصة الفيروسية. تُستعمل تقاوى المربى فى إنتاج تقاوى الأساس foundation seed؛ حيث تفحص الحقول جيدًا للتأكد من خلوها من الأمراض والطفرات. وتُستخدم تقاوى الأساس فى إنتاج التقاوى المسجلة registered seed، ثم تستخدم التقاوى المسجلة فى إنتاج التقاوى المعتمدة (Granbory وآخرون ١٩٩٩). ويعطى المرجع تفاصيل عملية إنتاج تقاوى البطاطا تلك.

ولقد أوضحت دراسة أجريت على صنفى البطاطا Beauregard، و Hernandez أن فيرس تبرقش البطاطا الريشى sweetpotato feathery mottle virus هو المسئول الأول عن تدهور الأصناف فى هذا المحصول؛ حيث وُجد أن حوالى ١٠٠٪ من النباتات التى استُخدمت فى زراعتها نباتات أنتخبت لخلوها من الفيرس (virus indexed) أُصيبت فى خلال ٩ أسابيع من الزراعة. وأدت الإصابة إلى خفض محصول الدرجة الأولى بنحو ٢٦٪. كذلك فإن نسبة طول الجذور إلى قطرها كانت أعلى فى الجذور التى أنتجتها النباتات المصابة؛ مما انتقص من جودتها (Bryan وآخرون ٢٠٠٣).

هذا.. ويُعزى تدهور محصول البطاطا ونوعية الجذور الخازنة إلى تراكم الفيروسات ومسببات الأمراض والطفرات فيها. وفى دراسة قُورنت فيها نباتات لسلالتين خضريتين من الصنف Beauregard أُنتجتا بواسطة مزارع القمة الميرستيمية، وكانتا خاليتين من

الفيروسات (G1) مع نسل تلك النباتات الناتج بالإكثار الخضرى الحقلى لخمس سنوات (G2، G3، G4، G5).. وُجد أن نباتات G1 أعطت أعلى محصول درجة أولى، إلاّ أن استعمال نباتات الـ G2، و G3، أعطت أعلى عائد، نظرًا لارتفاع تكلفة نباتات الـ G1 من ناحية، واستمرار احتفاظ نباتات الـ G2 والـ G3 ببعض مزايا نباتات الـ G1 من ناحية أخرى (Bryan وآخرون ٢٠٠٣).

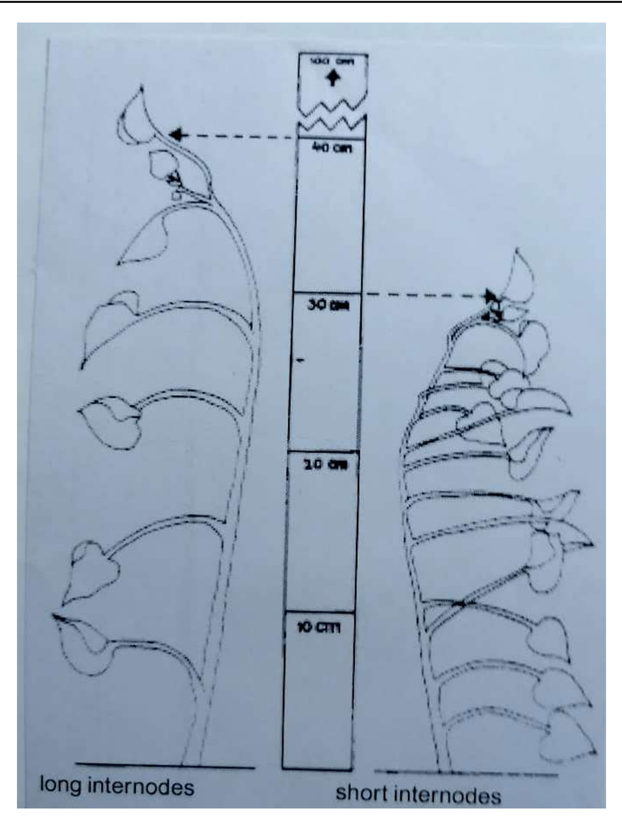
وللاطلاع على تفاصيل حالات تدهور أصناف البطاطا جراء الإصابات الفيروسية وتفاقم الإصابات بالإكثار الخضرى.. يُراجع Gibson & Kreuze (٢٠١٥).

التكاثر بالعقل

يفضل استعمال العقل الطرفية (شكل ١٥-١) عن الوسطى والقاعدية فى إكثار البطاطا، ذلك لأنها تُعطى محصولاً أعلى، ولأن العقل القاعدية — غالبًا — ما تحمل معها آفات حشرية. كذلك فإن العقل الطويلة (٣٠-٤٠ سم) غالبًا ما تُعطى محصولاً أعلى عما تعطيه العقل الأقصر. ويتوقف الطول المناسب للعقلة (٣٠ أم ٤٠ سم) على طول السلاميات (شكل ١٥-٢)؛ فإن كانت قصيرة يكون الطول المناسب للعقلة ٣٠ سم، وإن كانت طويلة تفضل زيادة طولها إلى ٤٠ سم.



شكل (١٥-١): عقلة البطاطا التى تستخدم فى الزراعة



شكل (١٥-٢): تفاوت الطول المناسب للعقل حسب طول السلامية قصير short internode، أم طويل long internode.

وعمومًا.. فإن العقل التى يُحصل عليها من نباتات صغيرة (بعمر ٢-٣ شهور) تُعطى محصولاً أعلى عما تعطيه العقل المتحصل عليها من نباتات كبيرة السن (بعمر ٤-٥ شهور أو أكثر)؛ ذلك لأن النباتات الكبيرة السن توجه معظم غذاءها المجهز نحو الجذور؛ وبذا تكون نمواتها الطرفية ضعيفة وبطيئة النمو، كما تكون أكثر إصابة بالحشرات. هذا.. ولا تُضار النباتات الصغيرة أو يقل محصولها إذا أُخذ من كل منها غفلة واحدة أو عقلتين (Wilson ١٩٨٨).

التكاثر بالشتلات

إن من أهم مميزات تكاثر البطاطا بالشتلات slips – مقارنة بالتكاثر بالعقل الساقية، ما يلى:

١- يمكن تخزينها لفترة طويلة.

٢- يمكن انتخاب الأفضل منها على أساس الحجم لزيادة التجانس فى الحقل الإنتاجى.

٣- يمكن حصاد الشتلات حتى أربع مرات من المشتل.

ويُفيد تحضير الجذور pre-sprouting قبل استخدامها فى إنتاج الشتلات فى خفض فترة إنتاج النموات sprouts (التى تستخدم كشتلات) إلى حوالى ٤-٥ أسابيع. ويتحقق ذلك فى وضع الجذور فى حرارة ٣٠ °م ورطوبة نسبية ٩٥٪ إلى أن تبدأ فى التخضير، مع عدم السماح بابتلال الجذور حتى لا تتعفن أو تنمو منها جذورًا شعرية (OSU ٢٠٠٩).

ولعمل مشتل بطاطا تُرص جذور البطاطا متجاورة — وغير متلامسة؛ حتى لا تنتقل الأعفان فيما بينها - فى أحواض بعرض متر واحد، وتغطى بنحو ٢-٣ سم من التربة. ويتم توزيع سماد مركب تحليلة — تقريبًا — ٥: ٦: ٥ بمعدل ١٠٠ جم/م٢. تُجرى رية خفيفة بالرش أو بالتنقيط ويُراقب الرى التالى حتى تبدأ النموات فى البزوغ، لأن الإفراط فى الرى فى تلك المرحلة يمكن أن يؤدى إلى تعفن الجذور.

هذا.. وتحتاج الجذور لحرارة لا تقل عن ١٥,٦ °م لكى تنبت. وإذا استُخدمت الأنفاق البلاستيكية لرفع الحرارة، فإنه يتعين مراقبة الارتفاع فى درجة الحرارة لأن زيادتها عن ٢٨ °م يمكن أن يؤدى إلى تحلل الجذور. ولذا.. يتعين الاهتمام بالتهوية المناسبة.

يظهر النبت sprouts — عادة — بعد ٤-٦ أسابيع من الزراعة. وبعد إنبات كل الجذور فإنه يُفيد تقليم النبت حتى ارتفاع ٢-٣ سم فوق سطح التربة لزيادة تجانس النمو. وبعد حوالى ٤٠ يومًا من التقليم يمكن حصاد أول دفعة من الشتلات، وهى التى تكون قد بلغت ٣٠-٤٠ سم طولاً (Boreel وآخرون ٢٠٠٦).

ويوصى — كذلك — بإجراء الحصاد عندما يبلغ طول النبت (sprouts) من جذر التقاوى المزروع ١٠-١٥ سم؛ حيث يتم فصلها بجذبها بقوة مع لويها، وتترك الجذور لإنتاج مزيد من

النموات. يمكن زراعة هذه النموات فى الحال أو توضع قواعدها فى إناء به ماء لأيام قليلة لأجل تجذيرها؛ فتصبح شتلة بجذور قبل زراعتها.

وفى دراسة استُخدمت فيها أنواع مختلفة من الأغطية للترديم على التقاوى المستخدمة فى إنتاج شتلات (slips) البطاطا فى مشاتل المحصول، وُجد أن أعلى حرارة للتربة سُجِّلت عندما استخدم غطاء من الرمل (٢٥ ْم فى الثامنة صباحًا، و٢٦,١ ْم فى الثانية بعد الظهر). وأعطى غطاء البيت أكبر عدد من الـ slips، بينما أنتجت الجذور التى استُخدم فى تغطيتها تربة حقلية أو نشارة خشب أعدادًا متقاربة. وقد تباينت أعداد الـ slips المنتجة حسب تاريخ الحصاد، وكان أكبر عدد للـ slips فى القطفة الثالثة؛ الأمر الذى ربما كان مرده إلى الارتفاع فى درجة الحرارة. هذا وقد أثر الصنف المستخدم جوهريًّا على كل من أعداد الـ slips المنتجة وأطوالها وعدد الجذور بالـ slip (Beaulieu & Marsh ٢٠٠٢).

الشتل ومسافات الزراعة ومكافحة الحشائش

أدى تأخير الشتل لمدة ٧ أيام بعد تقليع الشتلات إلى موت نسبة عالية منها بعد الشتل وإلى نقص المحصول، خاصة إذا تعرضت النباتات لشدٍّ جفافى بعد الشتل، وذلك مقارنة بالوضع عند الشتل الفورى بعد التقليع. كما أدى تأخير الشتل لمدة يوم واحد إلى ثلاثة أيام بعد تقليع الشتلات إلى زيادة نسبة بقاء النباتات، والمحصول الصالح للتسويق، ويفيد هذا التأخير إذا ما سادت حالة من الشدِّ الجفافى عند الشتل أو بعده بقليل. وفى جميع الحالات.. فإن توفر الرطوبة الأرضية عند الشتل أو بعد ذلك تقليل كان له أهميته فى زيادة نسبة بقاء النباتات والمحصول (Thompson وآخرون ٢٠١٧).

وقد أمكن الحصول على أعلى نسبة من البقاء بعد الشتل (نجاح الشتل) وأعلى محصول وأكبر عدد من الجذور الخازنة عندما كانت الشتلات (سيقان بدون جذور، أى عقل ساقية) بطول لا يقل عن ١٦ سم وحتى ٢٧ سم، والشتل على عمق ٦ سم، وكان لرى الحقل قبل الشتل تأثير إيجابى فى هذا الشأن، وخاصة فى ظروف الجفاف؛

حيث كان لرطوبة التربة أهميتها فى تكون الجذور الماصة الجديدة بعد الشتل (Thompson وآخرون ٢٠١٧).

تزرع نباتات البطاطا (الـ slips) وهى بالطول المناسب؛ علمًا بأن الـ slips إذا ما زرعت مقلوبة فإنها تستمر فى نموها بصورة طبيعية. وكلما ازدادت مسافة الزراعة كلما كان النمو النباتى أسرع ونمو الجذور أكبر (Jett ٢٠٠٦).

وتجب زراعة الـ slips على مسافة ٣٠ سم من بعضها البعض فى خطوط بعرض ٩٠–١٢٠ سم.

هذا.. وتحتاج البطاطا إلى عزقة واحدة بعد نحو أسبوعين من الزراعة، ثم تقلع الحشائش الكبيرة بعد ذلك باليد؛ نظرًا لأن النموات الخضرية للبطاطا سريعًا ما تنتشر وتغطى الحشائش. ويؤدى الإضرار بالنموات الخضرية قبل اكتمال نمو الجذور إلى تبرعمها وهى ما زالت فى التربة.

ويفضل للتصنيع جذور البطاطا الكبيرة الحجم (الجمبو Jumbo) أكثر من الصغيرة، ولا يهم المظهر. وليس لمسافة الزراعة أهمية فى إنتاج تلك الجذور، فالمهم هو تأخير الحصاد فى الزراعات المبكرة (Arancibia وآخرون ٢٠١٤).

الـرى

تُفضِّل البطاطا عدم زيادة الرطوبة الأرضية، كما يجب تجنب الرى خلال الـ ٣–٤ أسابيع السابقة للحصاد؛ لأن زيادة الرطوبة الأرضية خلال تلك الفترة قد تؤدى إلى تفلق الجذور، خاصة إذا كانت التربة جافة قبل ذلك.

ولقد وُجد أن استهلاك محصول البطاطا من الماء خلال موسم النمو كان ٨٠٨، و ٨٢٦ مم فى صنفين من المحصول. ولقد تأثرت كل دلائل النمو سلبيًّا بنقص الرطوبة الأرضية، إلاّ إن معظم خصائص الجودة التى دُرست (مثل محتوى المادة الجافة الكلية والنشا والبيتاكاروتين وحامض الأسكوربك والبروتين ومحتوى السكروز sucrose والجلوكوز فى كلا الصنفين، والرماد ash الكلى والألبان والمحتوى الفينولى لأحد

الصنفين، والنشاط المضاد للأكسدة فى الصنف الثانى) لم تتأثر بخفض معدل الرى (Karakas وآخرون ٢٠٢١).

كذلك أحدث تعريض نباتات البطاطا لشدٍّ رطوبى لمدة ٥ أو ١٠ أيام بعد شتل الشتلات خفضًا فى عدد الجذور الخازنة بنسبة ٤٢٪، و٦٦٪ – على التوالى – تحت ظروف الزراعة المحمية. وتحت ظروف الحقل أحدث الشد الرطوبى خلال فترة تكوين الجذور الخازنة خفضًا قدره ٤٩٪ فى جذور الدرجة الأولى (Solis وآخرون ٢٠١٤).

التسميد

تؤدى زيادة التسميد الآزوتى إلى تحفيز النمو الخضرى الغزير، مما يترتب عليه تكوين جذور متشققة وغير منتظمة الشكل، وذات قدرة تحزينية ضعيفة.

ويثبط نقص الفوسفور النمو الخضرى والجذرى للبطاطا، ووُجد ارتباط عالٍ بين المادة الجافة بالجذور وامتصاص الفوسفور، كما وجد تباين بين الأصناف فى قدرتها على استعمال الفوسفور المتاح (Li وآخرون ٢٠٢٠).

ولقد ظهرت اختلافات وراثية بين أصناف البطاطا فى كفاءة امتصاص الفوسفور، وتبين أن ذلك الأمر ارتبط بكلٍّ من صفتى العدد العالى للجذور الجانبية وكثافتها اللتان يُنتخب لهما بصورة غير مباشرة فى برامج التربية لأجل التكوين المبكر للجذور الخازنة وللمحصول الجيد فى الظروف البيئية المختلفة (Villordon وآخرون ٢٠٢٠).

ووجد أن تسميد البطاطا بسماد مركب من حامض الهيوميك المنشط activated humic acid مع النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم أحدث زيادة جوهرية فى كل من الكتلة البيولوجية للنبات ومحصول الجذور الخازنة، مع زيادة فى أعداد بكتيريا التربة والفطريات والأكتينوميسيتات، وذلك مقارنة بالتسميد بسماد مركب يحتوى على نيتروجين وفوسفور وبوتاسيوم فقط (Wang وآخرون ٢٠٢٢).

وفى دراسة على ثلاثة أصناف من البطاطا وُجد أن عدم التسميد بالبورون أدى إلى نقص فى نمو الجذور الرئيسية وفى أطوال الجذور الجانبية، وذلك فى بداية مرحلة تكوين الجذور الخازنة (Villordon & Gregorie ٢٠٢١).

التغلب على شدٍّ الجفاف بالمعاملة بالميكوريزا

بينما وصل استعمار جذور البطاطا بالميكوريزا إلى نحو ٥٨٪ إلى ٦٩٪ فى صنفين من البطاطا تحت ظروف توفر الرطوبة الأرضية، فإن استعمار الجذور انخفض عن تلك الحدود فى حالة تعرض النباتات لشدٍّ جفافى. هذا.. إلا إن الميكوريزا حسَّنت من محتوى النباتات من الفوسفور، ومن محتواها من مركبات التعديل الأسموزى (البرولين الحر والسكر الذائب). كذلك ازداد جوهريًّا عدد الجذور الخازنة/نبات ووزنها الطازج فى النباتات المعاملة بالميكوريزا تحت ظروف الملوحة. ويُستفاد مما تقدم إمكان التغلب على أضرار الملوحة فى البطاطا بالمعاملة بالميكوريزا (Yooyongwech وآخرون ٢٠١٦).

إنتاج البطاطا لأجل استهلاك الأوراق كخضر

البطاطا الحقلية

تؤكل أوراق البطاطا فى عديد من دول العالم، وهى تتميز بالقيمة الغذائية والطبية العالية. وتتوفر أصناف مخصصة لاستهلاك الأوراق، منها: Pushu 53، و Tainong 71. وعندما دُرس المحتوى الغذائى لهذين الصنفين فى ظروف وفرة النيتروجين ونقصة، وجد ما يلى:

١- أدى نقص النيتروجين إلى انخفاض فى النمو الخضرى ومحتوى الكاروتينويدات والكلوروفيل، وفى معدل البناء الضوئى، وفى نشاط الإنزيم nitrate reductase.

٢- وفى الوقت ذاته أدى نقص النيتروجين إلى زيادة النمو الجذرى، وزيادة نشاط الإنزيم glutamine synthase.

٣- خفَّض نقص النيتروجين جوهريًّا من محتوى الأحماض الأمينية الضرورية — متضمنة: الليسين والفينيلل ألانين والأيزوليوسين والتربتوفان والليوسين والفالين — وكذلك الأحماض الأمينية غير الضرورية — متضمنة: حامض الجلوتامك وحامض الأسبارتك والجليسين والأرجينين والبرولين.

٤- كان الصنف ذات الأوراق الفاتحة اللون Tainong 71 حسّاسًا لنقص النيتروجين، بينما كان الصنف ذات الأوراق الخضراء القاتمة اللون Pushu 53 أكثر تحملاً لنقص العنصر (Zhang وآخرون ٢٠١٥).

نبت جذور البطاطا

يُستهلك نبت البطاطا sweetpotato sprouts للإنسان فى بعض الدول، وفى دراسة على تأثير شدة وفترة التعرض للإضاءة على محصول وجودة النبت، وُجد ما يلى:

١- ازداد لمعان أوراق النبت وتحسّن مظهرها بزيادة فترة الإضاءة، بينما لم يكن لشدة الإضاءة تأثيرًا يذكر فى هذا الشأن.

٢- أدى خفض شدة الإضاءة إلى زيادة محصول نبت البطاطا، بينما أدت زيادة شدة الإضاءة إلى انخفاض المحصول.

٣- تحسن محصول وجودة النبت فى ظروف الإضاءة الضعيفة دون التأثير على طعمها.

٤- كانت أفضل الظروف لإنتاج أعلى محصول من أفضل نوعية هى إضاة قدرها ٧٥٠ ميكرومول/م^{٢} فى الثانية لمدة ساعتين يوميًا (Lv وآخرون ٢٠٢١).

الفصل السادس عشر

الخضر الدرنية والجذرية الأخرى

الجـزر

الزراعة الآلية بالبذور المحمولة بالجل

أعطى خلط بذور الجزر بالجل Laponite RD بنسبة ٢,٥٪ تحسنًا فى سرعة الإنبات ونسبته؛ حيث وصلت النسبة إلى ٩٤٪ على حرارة ٢٠ ْم، وإلى ٨٧٪ على حرارة ٥ ْم، وكان هذا الجل أفضل من الأنواع الأخرى التى تم تجريبها، وهى: Laponite RDS، و sugar gum، وحامض الألجنك algenic acid والآجار (Briscoe وآخرون ٢٠٠٦).

الـرى

يعتبر الجزر حساسًا للشدِّ الرطوبى خلال مرحلتى إنبات البذور وزيادة الجذور فى الحجم. ففى خلال فترة الإنبات يمكن أن يُساعد الرى فى تحسين الإنبات وتقليل تعرية الرياح للتربة، وخفض حرارة التربة. ويؤدى الشدِّ الرطوبى أثناء تكوين الجذور إلى إنتاج جذور صغيرة متخشبة ورديئة الطعم. ويؤدى عدم انتظام الرى إلى أن تُصبح الجذور خشنة وطرية وبها حلقات نمو واضحة. كذلك يمكن أن يؤدى الشدِّ الرطوبى فى مراحل النمو المتأخرة إلى حدوث تشققات نمو وتشققات عادية (Fritz وآخرون ٢٠٠٧).

وتُعد الكاروتينويدات carotenoids والتوكوفيرولات tocopherols مكونات هامة بالجزر البرتقالى اللون. ولقد وُجدت ارتباطات سلبية جوهرية بين توفر الرطوبة الأرضية ومحتوى الكاروتينويدات الكلية والتوكوفيرولات الكلية؛ حيث أدى الرى فى المواسم الجافة إلى خفض تركيزها جوهريًّا، وإن لم يؤثر على تكوينها composition. كذلك وُجد ارتباط جوهرى موجب بين محتوى الكاروتينويدات الكلية والتوكوفيرولات الكلية (Ombódi وآخرون ٢٠١٤).

التسميد

تحليل النبات لتعرف الحاجة إلى التسميد

لا يغنى تحليل النبات عن تحليل التربة، ولكنه يُعطى فكرة جيدة عن مدى حاجة النبات لمختلف العناصر. يُجرى التحليل على مالا يقل عن ٢٥ ورقة – حسب مساحة الحقل – من الأوراق الصغيرة المكتملة النمو، وذلك فى منتصف مرحلة النمو المحصولى.

وفيما يلى مستويات الكفاية من مختلف العناصر (Fritz وآخرون ٢٠٠٧):

العناصر الكبرى (٪)	
النيتروجين	٢,٥– ٣,٥
الفوسفور	٠,٢–٠,٣
البوتاسيوم	٢,٨–٤,٣
الكالسيوم	١,٤–٣,٠
المغنيسيوم	٠,٣–٠,٥
العناصر الصغرى (جزء فى المليون)	
الحديد	٥٠–٣٠٠
البورون	٣٠–١٠٠
النحاس	٥–١٥
الزنك	٢٥–٢٥٠
المنجنيز	٦٠–٢٠٠
الموليبدنم	٠,٥–١,٥

إضافة الجبس الزراعى

لم يكن لإضافة الجبس الزراعى (كبريتات الكالسيوم) سوى تأثير طفيف على محتوى التربة من الكالسيوم، ولم يكن لها تأثير على محتوى جذور الجزر من العنصر. هذا إلاّ إن محتوى التربة من الكبريت ازداد كثيرًا، وإن لم يتأثر امتصاص النباتات للعنصر. ولم تؤثر إضافة الجبس الزراعى على جودة الجذور المخزَّنة على ٠,٥ °م (Suojala-Ahlfors & Laamanen ٢٠١٤)

التغلب على شد الجفاف بالرش باليوريا

أدى تعريض الجزر لشدٍّ جفافى (٥٠٪ سعة حقلية) إلى إحداث زيادة فى محتوى الأوراق من كلٍّ من البروتين والجليسين بيتين والفينولات الكلية، وخفض جوهرى فى كلٍّ من كلوروفيل أ ونسبة كلوروفيل أ إلى كلوروفيل ب، بينما لم يكن لشدِّ الجفاف تأثير معنوى على الوزن الجاف لكلٍّ من النمو الخضرى والجذرى، أو على محتوى حامض الأسكوربك أو الـ MDA. وتحت ظروف شدِّ الرطوبة أدى رش النباتات باليوريا بتركيز ٣٠٠ مجم/لتر إلى إحداث زيادة جوهرية فى الوزن الجاف لكلٍّ من النمو الخضرى والجذرى، وطول الجذر، وكلوروفيل ب، والكلوروفيل الكلى، والبرولين الحر بالأوراق، والجليسين بيتين، والفينولات الكلية، ونشاط الكاتاليز والبيروكسيديز، ومحتوى البروتين الذائب الكلى، ولكنه خفَّض نسبة كلوروفيل أ إلى كلوروفيل ب؛ أى إن معاملة الرش باليوريا حسَّنت من تحمل الجزر لشدِّ الجفاف (Razzaq وآخرون ٢٠١٧).

المنشطات الحيوية

وُجد أن معاملة التربة التى زُرعت فيها جذور الجزر بالميكوريزا (arbuscular mycorrhizal fungi) أدت إلى تحسين النمو النباتى وزيادة محتوى الجذور من المركبات الأيضية والعناصر المغذية مثل النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم، مع زيادة فى محتواها من المركبات الكربوهيدراتية، وذلك مقارنة بما حدث فى نباتات الكنترول (Lone وآخرون ٢٠١٨).

إنتاج الجزر البيبى

لإنتاج الجزر البيبى الحقيقى true baby بحجم وشكل منتظم تلزم زراعة البذور بكثافة عالية بصورة متجانسة فى شرائط عريضة على مصاطب. لا يلزم أن تكون بذور التقاوى pelleted، ولكن يجب أن تكون مدرجة حجميًّا، ولا يلزم زراعتها باستخدام precision seeder، ويكفى استعمال plate seeder بمعدل ٨٠–١٠٠ بذرة لكل قدم مربع

من المصطبة. يجب أن تكون شرائط الزراعة على مسافة ٥–٢٥ سم من بعضها البعض على المصطبة. ويمكن أن تحتوى المصطبة على ١٠ شرائط كحد أقصى. وتؤدى الزراعة فى شرائط على مسافة ٨٠ سم من بعضها البعض إلى امتلاء المصطبة تمامًا بالنمو النباتى. وفى تلك الحالة يلزم للزراعة حوالى ١٠–١٢,٥ كجم/فدان من البذور (Fritz وآخرون ٢٠٠٧).

إنتاج البذور

معاملات حث الإزهار بالجبريللين

درست معاملة رش النموات الخضرية للجزر (التى نمت من جذور الصنف Nantes Coreless وكانت بعمر ١٢ أسبوعًا ولم تُعطَ معاملة الارتباع) .. ومعاملتها بتركيزات مختلفة من حامض الجبريلليك (تراوحت بين ٥٠، و٢٠٠ جزء فى المليون) بعد ٣ أسابيع من زراعة الجذور. أحدثت تلك المعاملة — فى المتوسط — ٨٤٪ إزهارًا، وازدادت هذه النسبة قليلاً إلى ٨٨٪ عندما أُعطيت النباتات رشة أخرى بالجبريللين بعد أسبوع من الأولى، لكن تأثير الرشة الثانية كان أوضح فى تبكير الإزهار بما لا يقل عن أسبوعين (Bandara & Tanino ١٩٩٥).

كذلك أدى رش حقول إنتاج بذور الجزر بالجبريللين ١–٤ مرات بتركيز ٢٥٠ جزءًا فى المليون بدءًا من مرحلة نمو الورقة الحقيقية السادسة إلى الثامنة، ثم على فترات شهرية بعد ذلك أو مرة واحدة بتركيز ٧٥٠ جزءًا فى المليون للنباتات التى كانت فى مرحلة تكوين ٦–٨، أو ٨–١٠ أوراق حقيقية، أو بعد ذلك بحوالى شهر أو شهرين، أو ثلاثة شهور.. أدى ذلك كله إلى إسراع الشمرخة والإزهار ونضج البذور، مقارنة بما حدث فى نباتات الكنترول. وأدت زيادة المعاملة بالجبريللين (سواء بزيادة عدد مرات الرش، أم بزيادة تركيز محلول الرش) إلى زيادة محصول البذور مقارنة بمحصول نباتات الكنترول؛ بسبب زيادتها لأعداد البذور، ولكن المعاملات لم تؤثر على إنبات البذور — وكان أفضل وقت للمعاملة بالجبريللين عندما كانت النباتات فى مرحلة نمو ٨–١٠ أوراق حقيقية (Galmarini ١٩٩٥).

معاملات تحسين محصول البذور وجودته

تتأثر جودة بذور الجزر بالنضج غير المتجانس للبذور فى مختلف رتب الجزر. ويمكن تحسين جودة البذور بتعديل رتب النورات إن أمكن بزيادة عدد نورات الرتبة الثانية. ولقد وُجد أن رش نباتات الجزر فى المراحل الأولى لنموها (حتى ٣٠ يومًا) بعد زراعة الشتلات الجذرية stecklings فى حقول إنتاج البذور.. رشها ثلاث مرات بأى من إندول حامض الخليك أو نفثالين حامض الخليك بتركيز ١٠٠ أو ٢٠٠ مجم/لتر حوَّر من رتب نورات الجزر وأدى إلى زيادة عدد نورات الرتبة الثانية؛ الأمر الذى أدى — بدوره — إلى زيادة محصول البذور، وحسَّن نوعيتها. ولقد أدى الرش بتركيز ٢٠٠ مجم/لتر إلى توفير حماية للأغشية الخلوية للبذور ظهر فى التوصيل الكهربائى لراشح البذور، وربما — كذلك — بسبب ما أحدثته المعاملة من زيادة فى نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة، وفى محتوى مضادات الأكسدة الكلية ومحتوى البذور من الفينولات (Noor وآخرون ٢٠٢٠).

القلقاس

الإكثار فى مزارع الأنسجة

أمكن التوصل إلى بروتوكول مناسب للإكثار الدقيق للقلقاس المصرى *Colocasia esculenta* var. *esculenta* باستعمال البراعم الإبطية (Ebida ١٩٩٥).

وقد أمكن تحسين معدل التوالد (الـ regeneration) من كالوسات مزارع القمة الميرستيمية لصنف القلقاس الملاوى Keladi Birah (وهو: *C. esculenta* بمعاملتها بمستوى عالٍ من الاسبرمين spermine (Sabapathy & Nair ١٩٩٥).

تأثير إنتاج القلقاس بالغمر على الجودة

يُنتج القلقاس إما بدون غمر للحقل بالماء فى المناطق الجافة، وإما بالغمر فى المناطق الكثيرة الأمطار. ولقد وُجد أن الزراعة بالغمر تؤدى إلى زيادة محتوى الكورمات من مستويات البولى فينولات والنشاط المضاد للأكسدة، وإلى خفض محتواها من الأوكسالات

والنترات، وجاما — أمينو حامض البيوترك. كما أثر الإنتاج بالغمر إيجابيًّا على جودة معجون الكورمة الأم (وهى التى تهمل عادة عند الإنتاج بدون غمر)؛ حيث قلل من قسوة harshness معجون الكورمة الأم المجهز بالبخار؛ وبذا.. جعلها الإنتاج بالغمر صالحة للاستهلاك (Yamanouchi وآخرون ٢٠٢٢).

التسميد

احتياجات المحصول من العناصر الكبرى

وُجد أن القلقاس يمتص ١٢,٩٧ كجم من النيتروجين، و٢,٧٥ كجم من الفوسفور، و١٧,٤٧ كجم من البوتاسيوم لكل طن من الكورمات المنتجة، وكانت نسبة تلك العناصر فى المادة الجافة للنبات هى — على التوالى — ٤,٧ : ١ : ٦,٤ (Raju & Byju ٢٠١٩).

صورة النيتروجين المناسبة للتسميد

يفضل عند التسميد الآزوتى للقلقاس أن تُستخدم النترات فقط، أو النترات بنسبة ٧٥٪ مع نيتروجين أمونيومى بنسبة ٢٥٪، لكن لا يوصى بزيادة نسبة النيتروجين الأمونيومى عن ذلك (Osorio وآخرون ٢٠٠٣).

الإنتاج العضوى

أحدثت الزراعة العضوية للقلقاس — مقارنة بالزراعة التقليدية — نقصًا جوهريًّا فى كثافة التربة الظاهرية soil bulk density، وتحسّنًا جوهريًّا فى قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة (+١٩٪)، وفى مساميتها (+٣٪)، مع زيادة فى الـ pH (+١,٢ وحدة) والفوسفور الميسر، وارتفاع فى محتوى التربة من المادة العضوية (+٣٩٪)، وكلا من الكالسيوم والمغنيسيوم والحديد والمنجنيز والزنك والنحاس المتبادل.

وعلى الرغم من انخفاض محصول القلقاس العضوى بنسبة ٥٪، إلاّ أن جودته كانت أفضل عما فى الزراعة التقليدية؛ حيث ازداد محتوى الكوريمات من المادة الجافة والنشا والسكريات والفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم (Suja وآخرون ٢٠١٧).

الطرطوفة

التغلب على شد الملوحة بالتسميد المعتدل بالنيتروجين والفوسفور

وُجد أن التسميد المعتدل بالنيتروجين والفوسفور تحت ظروف شدِّ الملوحة (١٥٠ مللى مول كلوريد صوديوم) أحدث زيادة جوهرية فى تراكم الكتلة البيولوجية بالطرطوفة، وفى محتوى النيتروجين الكلى، والبناء الضوئى، مع تحسن فى محتوى النبات من البوتاسيوم والكالسيوم، والمغنيسيوم، وخفض فى محتواها من الصوديوم. هذا.. إلاّ إنه تحت ظروف الملوحة كان النمو ضعيفاً عندما كان معدل التسميد بالنيتروجين منخفضًا أو بالنيتروجين والفوسفور مرتفعًا (Yin وآخرون ٢٠٢٢).

أهمية التخلص من النبت الجديد بعد الحصاد

نظرًا لاستحالة حصاد جميع درنات الطرطوفة عند إجراء الحصاد، فإن ما يتبقى منها فى الحقل — وهو كثير نسبيًّا — ينبت تلقائيًّا فى موسم النمو التالى، وما لم يتم التخلص من تلك النباتات النامية وهى مازالت صغيرة، فإنها تُصبح حشيشة يصعب التخلص منها لتكوينها لجيل جديد من الدرنات.

البنجر

احتياجات بعض العناصر

الصوديوم:

عند عدم توفر البوتاسيوم فى التربة أو بالتسميد، فإنه يوصى بإضافة كلوريد الصوديوم قبل الزراعة بمعدل ٢٧٠–٥٠٠ كجم للهكتار (١١٥–٢١٠ كجم/فدان).

البورون:

عند ارتفاع pH التربة عن ٦، فإن البورون لا يكون ميسرًا للنمو النباتى، وفى هذه الحالة يوصى بإضافة ٣–٥ كجم بورون للهكتار (١,٣–٢,١ كجم/فدان)، أو نحو ١٥–٢٥ كجم سليوبور solubor/هكتار (٦,٣–١٠,٥ كجم/ فدان) فوق خط الزراعة عند الزراعة.

ويضاف المستوى المنخفض من البورون عندما يكون قد سبقت المعاملة به فى نفس الحقل. وعندما يكون pH التربة أقل من ٦,٠ قد يحدث تقزم، خاصة إذا كانت المادة العضوية بالتربة أقل من ٣٪. وقد يُعامل بالبورون بالرش الورقى بمعدل ٥,٥ كجم من سوليوبور للهكتار (٢,٣ كجم/فدان)، مع استخدام مادة مبللة wetting agent.

المنجنيز:

قد يظهر نقص المنجنيز عند ارتفاع pH التربة. ويفيد الرش بـ ٣,٥ كجم من كبريتات المنجنيز فى ١٠٠٠ لتر ماء للهكتار (١,٥ كجم فى ٤٢٠ لتر ماء للفدان) بمجرد أن تُصبح النباتات بحجم كافٍ لامتصاص العنصر. وفى حالات النقص الشديد للعنصر قد يحتاج الأمر لرشات إضافية (Prince Edward Island ٢٠٠٥).

الكاسافا

أهمية التسميد بالفوسفور

أحدث تسميد الكاسافا بالفوسفور مع ماء الرى بالتنقيط (بتركيز ٧ أو ٢٠ مجم/لتر) زيادة فى توصيل الثغور، وصافى البناء الضوئى، وزيادة فى محصول الجذور الخازنة، وعددها. وتؤثر فترة نمو نباتات الكاسافا على كمية الفوسفور التى يلزم التسميد بها لإنتاج أعلى محصول من الجذور (Omondi وآخرون ٢٠١٩).

مصادر الكتاب

حسن، أحمد عبدالمنعم (١٩٨٨). أساسيات وتكنولوجيا الزراعات المكشوفة والمحمية (الصوبات). الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة ٩٢٠ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (١٩٩٤). إنتاج وفسيولوجيا واعتماد بذور الخضر. الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة ٥٨٥ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (١٩٩٨). أساسيات وفسيولوجيا الخضر، المكتبة الأكاديمية — القاهرة — ٥٩٦ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٠١)، إنتاج الفلفل والباذنجان. الدار العربية للنشر للتوزيع — القاهرة — ٣٣٦ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٠١). إنتاج الخضر البقولية. الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٤٢٤ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٠٢). إنتاج الفراولة. الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٣٨٨ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٠٣). إنتاج الخضر الكرنبية والرمرامية. الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٣٢٧ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٠٣). إنتاج الخضر الخيمية والعليقية. الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٣١٥ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٠٣). إنتاج الخضر المركبة والخبازية والقلقاسية. الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٣٠٠ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٠٤). إنتاج الخضر الثانوية وغير التقليدية: الجزء الأول. الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٣٠٤ صفحات.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٠٤). إنتاج الخضر الثانوية وغير التقليدية: الجزء الثانى. الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٣٠٠ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٠٤). إنتاج الخضر الثانوية وغير التقليدية: الجزء الثالث. الدار العربية للنشر والوزيع — القاهرة — ٤٢٤ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠١١). أصول الزراعة العضوية: ما لها وما عليها. الدار العربية للنشر والتوزيع – القاهرة – ٣٩٤ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠١٨). تحديات إنتاج وتصدير الطماطم ووسائل التغلب عليها. دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع – القاهرة – ٣٣٥ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٢٠). القرعيات: تكنولوجيا الإنتاج المتميز وتحدياته ووسائل التغلب عليها – نشر إليكترونى – ٤٢١ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٢٠). البطاطس: تكنولوجيا الإنتاج المتميز وتحدياته ووسائل التغلب عليها – نشر إليكترونى – ٥١٠ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٢٢). البصل والثوم: تكنولوجيا الإنتاج المتميز وتحدياته ووسائل التغلب عليها – نشر إليكترونى – ٤٩٣ صفحة.

Abbasi, S., A. Sadeghi, and N. Safaie. 2020. *Streptomyces* alleviate drought stress in tomato plants and modulate the expression of transcription factors ERF1 and WRK470 genes. Sci. Hort. 265.

Abbasifar, A. et al. 2020. Effect of green synthesized molybdenum nanoparticles on nitrate accumulation and nitrate reductase activity in spinach. J. Plant Nutr. 43 (1): 13-27.

abdAllah, A. M., K. O. Burkey, and A. M. Mashaheet. 2018. Reduction of plant water consumption through anti-transpirants foliar application in tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.). Sci. Hort. 235: 373-381.

Abdelaziz, M. E. et al. 2019. *Piriformospora indica* alters Na+/K+ homeostasis, antioxidant enzymes and LeNHX1 expression of greenhouse tomato grown under salt stress. Sci. Hort. 256.

Abd El-Mageed, T. A. et al. 2020 Effects of integrated use of residual sulfur-enhanced biochar with effective microorganisms on soil properties, plant growth and short-term productivity of *Capsicum annuum* under salt stress. Sci. Hort. 261.

Abdel-Rahman, F. A. et al. 2021. Preharvest application of salicylic acid induces some resistant genes of sweet pepper against black mold disease. Europ. J. Plant Pathol. 159: 755-768.

Abdel-Razzak, H. et al. 2019. Tomato waste compost as an alternative substrate to peat moss for the production of vegetable seedlings. J. Plant Nutr. 42 (3): 287-295.

Abdul Quddus, Md. et al. 2022. Influence of boron and zinc on yield, nutrient uptake and quality of strawberry. J. Plant Nutr. 45 (6): 866-882.

Abhayashree, M. S., M. Murali, and K. N. Amruthesh. 2016. Abiotic elicitors mediated resistance and enhanced defense related enzymes in *Capsicum annuum* L. against anthracnose disease. Sci. Hort. 204: 172-178.

Abou Chehade, L., Z. Al Chami, S. A. de Pascali, I. Cavoski, and F. P. Fanizzi. 2018. Biostimulants from food processing by-products: agnonomic, quality and metabolic impacts on organic tomato (*Solanum lycopersicum* L.). J. Sci. Food Agr. 98 (4): 1426-1436.

Acharya, T. P., G. E. Welbaum, and R. A. Arancibia. 2019. Low tunnels reduce irrigation water needs and increase growth, yield, and water-use efficiency in brussels sprouts production. HortScience 54 (3): 470-475,

Adavi, Z. et al. 2020. Antioxidant enzyme responses in potato (*Solanum tuberosum*) cultivars coloinized with arbuscular mycorrhizas. Potato Res. 63: 291-301.

Adekiya, A. O. 2019. Green manures and poultry feather effects on soil characteristics, growth, yield, and mineral contents of tomato. Sci. Hort. 257.

Agbna, G. H. D. et al. 2017. Effects of deficit irrigation and biochar addition on the growth, yield, and quality of tomato. Sci. Hort. 222: 90-101.

Agehara, S. 2020. Preplant application of 1-methylcyclopropene. Improves postplanting performance of tomato transplants by suppressing ethylene-induced stress responses. HortScience 55 (4): 581-588.

Agehara, S. and D. I. Leskovar. 2015. Growth suppression by exogenous abscisic acid and uniconazole for prolonged marketability of bell pepper transplants in commercial conditions. Sci. Hort. 194: 118-125.

Agehara, S. and D. I. Leskovar. 2017. Growth suppression by exogenous absicsic acid and unicanazole for prolonged marketability of tomato transplants in commercial conditions. HortScience 52 (4): 606-611.

Aghaeifard, F. et al. 2016. Influence of humic acid and salicylic acid on yield fruit quality, and leaf mineral elements of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) cv. Camarosa. J. Plant Nutr. 39 (13): 1821-1829.

Aguilera, P. 2022. Arbuscular mycorrhizal fungi from acidic soils favors production of tomatoes and lycopene concentration. 102 (6): 2352-2358.

Ahammed, G. J. et al. 2020. Melatonin alleviates iron stress by improving iron homeostasis, antioxidant defense and secondary metabolism in cucumber. Sci. Hort: 265.

Ahmed, Z. et al. 2018. Growth, physiology, and biochemical activities of plant responses with foliar potassium application under drought stress – a review. J. Plant Nutr. 41 (13): 1734-1743.

Ahmed, A. F., H. Yu, X. Yang, and W. Jiang. 2014. Deficit irrigation affects growth, yield, vitamic C content, and irrigation water use efficiency of hot pepper grown in soiless culture. HortScience 49 (6): 722-728.

Ahmed, A. et al. 2022. Decontamination of seed borne disease in pepper (*Capsicum annuum* L.) seed and the enhancement of seed quality by the emulated plasma technology. Sci. Hort. 291.

Akköprü, A. et al. 2021. The long-term colonization dynamics of endophytic bacteria in cucumber plants, and their effects on yield, fruit quality and angular leaf spot disease. Sci. Hort. 282.

Akladiuos, S. A. and H. I. Mohamed. 2018. Ameliorative effects of calcium nitrate and humic acid on the growth, yield component and biochemical attribute of pepper (*Capsicum annuum*) plants grown under salt stress. Sci. Hort. 236: 244-250.

Akrimi, R. et al. 2020. Agronomic traits, phenolic compounds and antioxidant activity in raw and cooked potato tubers growing under saline conditions. J. Sci. Food Agr. 100 (9): 3719-3728.

Albornoz, F. and J. H. Lieth. 2016. Daily macronutrient uptake patterns in relation to plant age in hydroponic lettuce. J. Plant Nutr. 39 (10): 1357-1364.

Albornoz, F. and J. H. Lieth. 2017. N, P, K and S uptake response to various levels of CO_2 assimilation and growth rate in lettuce. J. Plant Nutr. 40 (6): 773-783.

Alfosea-Simón, M. et al. 2020. Effect of foliar application of amino acids on the salinity tolerance of tomato plants cultivated under hydroponic sustem. Sci. Hort. 272.

Ali, A. M. et al. 2021. Effect of potassium solubilizing bacteria (*Bacillus cereus*) on growth and yield of potato. J. Plant Nutr. 44 (3): 411-420.

Alinia, M. et al. 2021. Improving salt tolerance threshold in common bean cultivars using melatonin priming: a possible mission? J. Plant Nutr. 44 (18): 2691-2714.

Allemann, J., E. V. D. Heever, and J. Viljoen. 1996. Evaluation of *Amaranthus* as a possible vegetable crop. App. Plant Sci. 10 (1): 1-4.

Almaliotis, D., D. Velemis, S. Bladenopoulou, and N. Karapetsas. 2002. Leaf nutrient levels of strawberries (cv. Tudla) in relation to crop yield. Acta Hort. No. 567 (Vol.2): 447-450.

Almaroai, Y. A. and M. A. Eissa. 2020. Effect of biochar on yield and quality of tomato grown on a metal-contaminated soil. Sci. Hort. 265.

Aloo, B. N., E. R. Mbega, and B. A. Makumba. 2020. Rhizobacteria–based for sustainable cropping of potato (*Solanum tuberosum* L.). Potato Res. 63: 157-177.

Altuntas,. O., H. Y. Dasgan, and Y. Akhoundnejad. 2018. Silicon-induced salinity tolerance improves photosynthesis, leaf water status, membrane stability, and growth in pepper (*Capsicum annuum* L.). HortScience 53 (12): 1820-1826.

Alves, C. M. L. et al. 2022. Articficial shading can adversely affect heat-tolerant lettuce growth and taste, with concomitant changes in gene expression. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 147 (1).

Ananthi, M., P. Selvaraju, and K. Sundaralingam. 2014. Effect of bio-priming using bio-control agents on seed germination and seedling vigour in chilli (*Capsicum annuum* L.) 'PKM1'. J. Hort. Sci. Biotechnol. 89 (5): 564-568.

Anderson, H. C., M. A. Rogers, and E. E. Hoover. 2020. Low tunnel covering and microclimate, fruit yield, and quality in an organic strawberry production system. HortTechnology 29 (5): 590-598.

Arancibia, R. A. et al. 2014. Optimizing sweetpotato production for fresh and processing markets through plant spacing and planting-harvest time. HortTechnology 24 (1): 16-24.

Arikan, S. et al. 2020. Plant growth promoting rhizobacteria mitigate deleterious combined effects of salinity and lime in soil in strawberry plants. J. Plant Nutr. 43 (13): 2028-2039.

Ariza, M. T., C. Soria, J. J. Medina-Minguez, and E. Martinez-Ferri. 2012. Incidence of misshapen fruits in strawberry plants grown under tunnels is affected by cultivar, planting date, pollination, and low temperatures. HortScience 47 (11): 1569-1573.

Aslantas, R., I. Angin. M. Kose, and N. Bernstein. 2017. Ethylenediamine-N-N'- dissuccininc acid mitigates salt-stress damages in strawberry by interfering with effects on the plant ionome. Ann. App. Bio. 171 (2).

Assimakopoulou, A. et al. 2020. Growth, yield and nutrient status of pepper plants grown on a soil substrate with olive mill waste sludge and natural zeolite addition. J. Plant Nutr. 43 (5): 629-640.

Atila, F. 2020. Chlorine dioxide as an alternative disinfectant for disinfection of oyster mushroom growing media. J. Hort. Sci. Biotechnol. 95 (1): 121-127.

Attavar, A. et al. 2021. Cucurvitaceae germplasm resistance to Verticillium wilt and grafting compatibility with watermelon. HortScience 55 (2): 141-148.

Aulakh, C. S. et al. 2022. A review of the influences of organic farming on soil quality, crop productivity and produce quality. J. Plant Nutr. 45 (2): 1884-1905.

Avestan, S. et al. 2021. Effects of nanosilicon dioxide on leaf anatomy, chlorophyll fluorescence, and mineral element composition of strawberry under salinity stress. J. Plant Nutr. 44 (20): 3005-3019.

Avio, L. 2020. Phenolics content and antioxidant activity in the leaves of two artichoke cultivars are differentially affected by six mycorrhizal symbionts. Sci. Hort. 264.

Azni, M. M., et al. 20221. Elicitation of dopamine biosynthesis in common purslane as affected by methyl jasmonate and silicon. J. Plant Nutr. 44 (20): 3083-3098.

Azizi, M. et al. 2021. *Piriformospora indica* affect drought tolerance by regulation of genes expression and some morphophysiological parameters in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Sci. Hort. 287.

Bananomi, G. et al. 2022. Mixtures of organic amendments and biochar promote beneficial soil microbiota and affect *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae, Rhizoctonia solani* and *Sclerotinia minor* disease suppression. Plant Pathol. 71 (4): 818-829.

Baixauli, C. et al. 2007. Agronomic behaviour of seed propagated artichoke cultivars in the Spanish Mediterranean area. Acta Hort. No. 730: 143-147.

Ban, S. G., G. V. Selak, and D. I. Leskovar. 2017. Short- and long-term responses of pepper seedlings to ABA exposure. Sci. Hort. 225: 243-251.

Bandara, P.M. S. and K. K. Tanino. 1995. Effect of gibberellic acid (GA_3) on seedstalk development and flowering in carrot (*Daucus carota* L. var. sativa DC). Acta Hort. No. 394: 251-261.

Barickman, T. C. and D. A. Kopsell. 2016. Nitrogen form and ratio impact swiss chard (*Beta rulgaris* subsp. *cicla*) shoot tissue carotenoid and chlorophyll concentrations. Sci. Hort. 204: 99-105.

Barrameda-Medina, M. Lentini, S. Esposito, J. M. Ruiz, and B. Blasco. 2017. Zn-biofortification enhanced nitrogen metabolism and photorespiration process in green leafy vegetable *Lactuca sativa* L. J. Sci. Food Agr. 97 (6): 1828-1836.

Barickman, T. C. and T. E. Horgan. 2016. Elevated levels of potassium in greenhouse-grown romaine lettuce impacts mineral nutrient and soluble sugar concentrations. HortScience 51 (5): 504-509.

Barreto, R. F., A. A. Schiavon, Jr., M. A. Maggio, and R. de Mello Prado. 2017. Silicon alleviates ammonium toxicity in cauliflower and in broccoli. Sci. Hort. 225: 743-750.

Barros, V. R. de S. et al. 2021. Herbicides of biological origin: a review. J. Hort. Sci. Biotechnol. 96 (3).

Batabyal, K., D. Sarkar, and B. Mandal. 2015. Critical levels of boron in soils for cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*). J. Plant Nutr. 38 (12): 1822-1835.

Bayat, N., A. A. Ghanbari, and V. Bayramzade. 2021. Nanopriming a method for improving crop plants performance: a case study of red beans. J. Plant Nutr. 44 (1): 142-151.

Beaulieu, J. C. and D. B. Marsh. 2002. Influence of bed cover types on

production time and quality of sweetpotato slips. HortTechnology 12 (4): 691-694.

Belmonte-Ureña, L. J. et al. 2020. Analysis of world research on grafting in horticultural plants. HortScience 55 (1): 112-120.

Beltayef, H. et al. 2021. Potential *Piriformospora indica* effect on growth and mineral nutrition of *Phaseolus vulgaris* crop under low phosphorus intake. J. Plant Nutr. 44 (4): 498-507.

Bernardi, L. G. P. et al. 2022. How do Cr and Zn modify cucumber plant re-establishment after grafting. Sci. Hort. 304.

Bertino, N. M. F. et al. 2022. Quality and agronomic biofortification of onion as a function of fertilization with micronutrients. J. Plant Nutr. 45 (15): 2251-2262.

Bhardwaj, H. L. et al. 2007. Alternative crop research in Virginia. The Internet.

Bhusal, H. et al. 2021 Bulbils in garlic inflorescence: development and virus translocation. Sci. Hort. 285.

Biel, C. et al. 2021. On-farm reduced irrigation and fertilizer doses, and arbuscular mycorrhizal fungal inoculation improve water productivity in tomato production. Sci. Hort. 288.

Bona, E. et al. 2018. Combined bacterial and mycorrhizal inocula improve tomato quality at reduced fertilization. Sci. Hort. 234: 160-165.

Bonasia, A., G. Conversa, C. Lazzizera, and A. Elia. 2013. Pre-harvest nitrogen and Azoxystrobin application enhances postharvest shelf-life in butterhead lettuce. Postharvest Bio. Technol. 65: 67-76.

Boo, H., H. Kim, and H. Lee. 2010. Changes in sugar content and sucrose synthase enzymes during fruit growth in eggplant (*Solanum melongena* L.) grown on different polyethylene mulches. HortScience 45: 775-777.

Boontongto, N., V. Srilaong, A. Uthairatanakij, C. Wongs-Aree, and K. Aryusuk. 2007. Effect of methyl jasmonate on chilling injyry of okra pod. Acta Hort. No. 746: 323-328.

Boreal, S. et al. 2006. Sweetpotato seedbeds producing sprouts as planting material. Department of Primary Industries and Fisheries, Queensland Government. 4p. The Internet.

Bosland, P. W. 1996. Capsicums: innovative uses of an ancient crop, pp. 479-487. In: J. Hanick (ed). Progress in new crops. ASHS Press, Arlington, VA.

Botts, B. 2008. Chicagotribune. Com. The Internet.

Bratsch, A. 2006. Specialty crop profile: globe artichoke Virginia Cooperative Extension. 12 p. The Internet.

Briscoe, R. D., R. R. Lada, C. D. Caldwell, and K. Sibley. 2006. Suitability of different gels as seed carrires and germination and emeroence promoters in processing carrots. HortScience 41 (3): 612-617.

Brito, L. M. et al. 2016. Lettuce response to organic and phosphate fertilizers and root mycorrhization. J. Plant Nutr. 39 (6): 842-849.

Brito, C. et al. 2019. Kaolin, an emerging tool to alleviate the effects of abiotic stresses on crop performance. Sci. Hort. 250: 310-316.

Bryan, A. D. et al. 2003. Cultivar decline in sweetpotato: I. Impact of micropropagation on yield, storage root quality, and virus incidence in ‘Beauregard’. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 128 (6): 846-855.

Bryan, A. D., J. R. Schultheis, Z. Pesic-VanEsbroeck, and G. C. Yencho. 2003. Cultivar decline in sweetpotato: II. Impact of virus infection on yield and storage root quality in 'Beauregard' and 'Hernandez'. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 128 (6): 856-863.

Bucki, P. et al. 2021. Impact of soil management practices of yield, quality, weed infestation and soil microbiota abundance in organic zucchini production. Sci. Hort. 281.

Campos, C. N. S. et al. 2021. Macronutrient deficiency in cucumber plants: impacts in nutrition, growth and symptoms. J. Plant Nutr. 44 (17): 2609-2626.

Cantwell, M., X. Nie, R. J. Zong, and M. Yamaguchi. 1996. Asian vegetables: selected fruit and leafy types, pp. 488-495. In: J. Janick (ed). Progress in new crops. ASHS Press, Arligton, VA.

Cao, F., C. Guan, H. Dai, X. Li, and Z. Zhang. 2015. Soluble solids content is positively correlated with phosphorus content in ripening strawberry fruits. Sci. Hort. 195: 183-187.

Caulet, R. P. et al. 2014. Influence of furostanol glycosides treatments on strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) growth and photosynthetic characteristics under drought condition. Sci. Hort. 169: 179-186.

Caradonia, F. et al. 2022. Plant biostimulants in sustainable potato production: an overview. Potato Res. 65: 83-104.

Cebula, S. 2009. The effect of pot size and transplant age on the yield and quality of white, green and romanesco cauliflower curds. Veg. Crop Res. Bul. 70: 101-110.

Cermeño, P., S. Calado, V. Rubio, and F. R. Ortega. 2008. Extending the asparagus production harvest period in Southern Spain. Acta Hort. No. 776: 55-62.

Chai, L. et al. 2021. Girdling alters carbohydrate allocation to increase fruit size and advance harvest in tomato production. Sci. Hort. 276.

Chamorro, M. et al. 2015. Evaluation of biosolarization for the control of charcoal rot disease (*Macrophomina phaseolina*) in strawberry. Crop Prot. 67: 277-286.

Chang, L. L., Y. T. Zhang, G. X. Wang, J. Dong, C. F. Zhong, L. N. Wang and T. H. Li. 2013. The effects of exogenous methyl jasmonate on FaNES1 gene expression and the biosynthesis of volatile terpenes in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) fruit. J. Hort. Sci. Biotechnol. 88 (4): 393-398.

Chang, D. C. et al. 2020. Effects of chtting duration on early maturation of potatoes in a short season environment. Amer. J. Potato Res. 97 (1): 43-53.

Chaput, J. 1998. Asian vegetables grown in Ontario. Ministry of Agriculture, Ontario. Fact Sheet. The Internet.

Chauhan, H. and D. J. Baagyaraj. 2015. Inoculation with selected microbial consortia not only enhances growth and yield of French bean but also reduces fertilizer application under field condition. Sci. Hort. 197: 441-446.

Chauhan, A. et al. 2022. Plant growth promoting rhizobacteria and their biological properties for soil enrichment and growth promotion. J. Plant Nutr. 45 (2): 273-299.

Chen, B. et al. 2022. Ammonium gluconate, an innovative seed-soaking agent from waste potatoes. Sci. Hort. 293.

Chiomento, J. L. et al. 2019. Arbuscular mycroohizal fungi communities improve the phytochemical quality of strawberry. J. Hort. Sci. Biotechnol. 94 (5): 653-663.

Chiomento, J. L. T. et al. 2021. Morpho-horticultural performance of strawberry cultivated on substrate with arbuscular mycorrhizal fungi and biochar. Sci. Hort. 282.

Cheng, M. et al. 2021. Effects of nitrogen supply on tomato yield, water use efficiency and fruit quality: a global meta-analysis. Sci. Hort. 290.

Chiomento, J. L. et al. 2019. Arbuscular mycorrhizal fungi communities improve the phytochemical quality of strawberry. J. Hort. Sci. Biotechnol. 94 (5): 653-663.

Chiquito-Contreras, R. G. et al. 2017. Effect of *Pseudomonas putida* and inorganic fertilizer on growth and productivity of habareno pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) in greenhouse J. Plant Nutr. 40 (18): 2595-2601.

Chouyia, F. E. et al. 2022. Assessing the effect of P-solubilizing bacteria and mycorrhizal fungi on tomato yield and quality under different crop rotations. Sci. Hort. 293.

Chrysargyris, A. et al. 2018. Effects of *Ascophyllum nodosum* seaweed extracts on lettuce growth, physiology and fresh-cut salad storage under potassium deficiency. J. Sci. Food Agr. 98 (15).

Chu, Q. et al. 2016. Automated thinning increases uniformity of in-row spacing and plant size in promaine lettuce. HortTechnology 26 (1): 12-19.

Cisternas-Jamet, J. et al. 2019. Root inoculation of green bell pepper (*Capsicum annuum*) with *Bacillus amyloliquefaciens* BBC047: effect on biochemical composition and antioxidant capacity. J. Sci. Food Agr. 99 (11).

Cisternas-Jamet, J. et al. 2020. Biochemical composition as a function of fruit maturity stage of bell pepper (*Capsicum annuum*) inoculated with *Bacillus amyloliquefaciens*. Sci. Hort. 263.

Coban, A., Y. Akhoundnejad, S. Dere, and Y. Dasgan. 2020. Impact of salt-tolerant rootstock on the enhancement of sensitive tomato plant responses to salinity. HortScience 55 (1): 35-39.

Colla, G., M. Cardarelli, P. Bonini, and Y. Rouphael. 2017. Foliar applications of protein hydrolysate, plant and seaweed extracts increase yield but differentially modulate fruit quality of greenhouse tomato. HortScience 52 (9): 1214-1220.

Consentino, B. B. et al. 2022. Agronomic performance and fruit quality in greenhouse grown eggplant are interactively modulated by iodine dosage and grafting. Sci. Hort. 295.

Cooti, S. et al. 2014. Effects of organic vs. conventional farming system on yield and quality of strawberry grown as an annual or biennial crop in southern Italy. Sci. Hort. 180: 63-71.

Costan, A. et al. 2019. Interactive effects of salinity and silicon application on *Solanum lycopersicum* growth, physiology and shelf-life of fruit produced hydroponically. J. Sci. Food Agr. 100 (2).

Daghaghian, H., F. M. Nejad, and B. Bahreininejad. 2017. Physiological response of the medicinal plant artichoke (*Cynara scolymus* L.) to exogenous salicylic acid under field saline conditions J. Hort. Sci. Biotechnol. 92 (4): 389-396.

Damato, G. and N. Calabrese. 2007. Osmoconditioning and germination temperatures in “seed” of two artichoke cultivars. Acta Hort. No. 730: 331-336.

Daoud, B., E. Pawelzik, and M. Naumann. 2020. Different potassium fertilization levels influence water-use efficiency, yield, and fruit quality attributes of cocktail tomato – a comparative study of deficient-to-excessive supply. Sci. Hort. 272.

Dash, P. K. et al. 2020. Heat stress mitigation effects of kaolin and s-abscisic acid during the establishment of strawberry plug transplants. Sci. Hort. 267.

da Silva, C. B., J. Marcos-Filho, P. Jourdan, and M. A. Bennett. 2015. Performance of bell pepper seeds in response to drum priming with addition of 24-Epibrassinolide. HortScience 50 (6): 873-878.

de Almeida, H. J. et al. 2022. Growth and physiological responses of cabbage cultivars bifortified with inorganic selenium fertilizers. Sci. Hort. 302.

de almeida, H. Junior et al. 2020. Zinc application improves the yield and nutritional quality of three green bean genotypes grown in a Red Latosol. Sci. Hort. 274.

de Carvalho, Leal. L. Y. et al. 2020. Comparison of soil and hydroponic cultivation systems for spinach irrigated with brackish water. Sci. Hort. 274.

Dehghanipoodeh, S. et al. 2018. Effect of silicon on growth and development of strawberry under water deficit conditions. Hort. Plant J. 4 (6): 226-232.

Demir, I., S. Ellialtioglu, and R. Tipirdamaz. 1994. The effect of different priming treatments on repairability of aged eggplant seeds. Acta Hort. No. 362: 205.

de Moraes, C. C. et al. 2022. Agronomic biofortification of lettuce with zinc under tropical conditions: zinc content, biomass production and oxidative stress. Sci. Hort. 303.

Deschamps, S. S. and S. Agehara. 2019. Metalized-striped plastic mulch reduces root-zone temperature during establishment and increases early-season yields of annual winter strawberry. HortScience 54 (1): 110-116.

Desoky, E. M. et al. 2020. Fennel and ammi seed extracts modulate antioxidant defence system and alleviate salinity stress in cowpea (*Vigna unguiculata*). Sci. Hort. 272.

de Souza, E. M., V. L. Bassani, R. A. Sperotto, and C. E. Granda. 2016. Inoculation of new rhizobial isolates improve nutrient uptake and growth of bean (*Phaseolus vulgaris*) and arugula (*Eruca sativa*). J. Sci. Food Agr. 96 (10): 3446-3453.

Devi, P., S. Lukas, and C. A. Miles. 2020. Fruit maturity and quality of splice-grafted and one-cotyledon grafted watermelon. HortScience 55 (7): 1090-1098.

Devi, P. P. Perkins-Veazie, and C. A. Miles. 2020. Rootstock and plastic mulch effect on watermelon flowering and fruit maturity in a *Verticillium dahlia*–infested field. HortScience 55 (9): 1438-1445.

Diao, Q. N. et al. 2022. Nitric oxide confers chilling stress tolerance by regulating carbohydrate metabolism and the amtioxidant defense system in melon (*Cucumis melo* L.) seedlings. HortScience 57 (10).

Diaz-Pérez, J. C. 2010. Bell pepper (*Capsicum annuum* L.) grown on plastic film nulches: effects on crop microenvironment, physiological attributes, and fruit yield. HortScience 45.

Diaz-Pérez, J. C. and T. E. Eaton. 2015. Eggplant (*Solanum melongena* L.) plant growth and fruit yield as affected by drip irrigation rate. HortScience 50 (11): 1709-1714.

Diaz-Pérez, J. and J. E. Hook. 2017. Plastic-mulched bell pepper (*Capsicum annuum* L.) plant growth and fruit yield and quality as influenced by irrigation rate and calcium fertilization. HortScience 52 (5): 774-781.

Ding, F. et al. 2022. A jasmonate-responsive glutathione S-transferease gene SlGSTU24 mitigates cold-induced oxidative stress in tomato plants. Sci. Hort. 303.

Djidonou, D., X. Zhao, J. K. Brecht, and K. M. Cordasco. 2017. Influence of interspecific hybrid rootstocks on tomato growth, nutrient accumulation, yield, and fruit composition under greenhouse conditions. HortTechnology 27 (6): 868-877.

Djidonou, D. et al. 2019. Nitrogen accumulation and root distribution of grafted tomato plants as affected by nitrogen fertilization. HortScience 54 (11): 1907-1914.

Donderalp, V. and A. Dursun. 2022. Improvement of frost tolerance in tomato by foliar application of potassium sulphate. Sci. Hort. 295.

Dong, C. et al. 2020. Biostimulants promote vigor of tomato and strawverry after transplanting. Sci. Hort. 267.

Dong, C., L. Wang, Q. Li, and Q. Shang. 2021. Epiphytic and endophytic fungal communities of tomato plants. Hort. Plant J. 7 (1): 38-48.

Dong, Y. et al. 2022. Effects of exogenous KT and BA on fruit quality in strawberry (*Fragaria vesca*). J. Hort. Sci. Biotechnol. 97 (2): 236-243.

Dooki, M. et al. 2021. Flowering gene regulation in tomato plants treated with brown seaweed extracts. Sci. Hort. 276.

dos Santos, M. M. M. et al. 2022. Biofortification of tomato with stabilized alkaline silicate and salicylic acid, nanosilica, and potassium silicate via

leaf inereased ascorbic acid content and fruit firmness. J. Plant Nutr. 45 (6: 896-903.

dos Santos Farias, D. B. et al. 2019. Physiological and productive parameters of okra under irrigation levels. Sci. Hort. 252: 1-6.

Douds, D. D., Jr., E. Carr, J. E. Shenk, and S. Ganser. 2017. Positive yield response of eggplant (*Solanum melongena* L.) to inoculation with AM. fungi produced on-farm. Sci. Hort. 224: 48-52.

Drost, D. 2008. High phosphorus applications at planting improve asparagus root growth and yield. Acta Hort. No. 776: 63-68.

Dukare, A. et al. 2021. Plastic film and organic mulching increases rhizosphere microbial population, plant growth, and mineral uptake in low input grown tomato in the northwestern region of India J. Plant Nutr. 44 (6): 814-828.

Durner, E. F., E. B. Poling, and J. L. Maas. 2002. Recent advances in strawberry plug transplant technology. HortTechnology 12 (4): 545-550.

Duval, J. R., and E. Golden. 2002. Severe root pruning of strawberry bare root transplants is yield neutral. HortScience 37 (7): 1132.

Duval, J. R., C. K. Chandler, D. E. Legard, and P. Hicklenton. 2003. Reducing mechanical damage during transplant digging increases early season fruit yield of strawberry. HortTechnology 13 (1): 106-109.

Ebida, A. I. A. 1995. *In vitro* propagation and *in vivo* establishment of the Egyptian taro, *Colocasia esculenta* var. *esculenta* (L) Schott (Araceae). Alex. J. Agr. Res. 40 (3): 457-474.

Ejaz, S. et al. 2020. Effects of inoculation of root-associative *Azospirillum* and *Agrobacterium* strains on growth, yield and quality of pea (*Pisum*

sativum L.) grown under different nitrogen and phosphorus regimes. Sci. Hort. 270.

El-Desouky, H. S. et al. 2021. Nano iron fertilization significantly increase tomato yield by increasing plants' vegetable growth and photosynthetic efficiency. J. Plant Nutr. 44 (11): 1649-1663.

Elkoca, E., M. Turan, and M. F. Donmez. 2010. Effects of single, dual and triple inoculations with *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* and *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* on nodulation, nutrient uptake, yield and yield parameters of common bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Elkoca-05). J. Plant Nutr. 33 (14): 2104-2119.

Ellis, G. D., L. O. Knowles, and N. R. Knowles. 2020. Increasing the production efficiency of potato with plant growth retardants. Amer. J. Potato Res. 97 (1): 88-101.

Elnahal, A. S. M. et al. 2022. The use of microbial inoculants for biological control, plant growth promotion, and sustainable agriculture: a review. Europ. J. Plant Pathol. 162: 759-792.

ElSayed, A. I. et al. 2022. Seed priming with cypress leaf extract enhances photosynthesis and antioxidative defense in zucchini seedlings under salt stress. Sci. Hort. 293.

El-Tohamy, W., W. H. Schnitzler, U. El-Behairy, and M. S. El-Beltagy. 1999. Effect of VA mycrorrhiza on improving drought and chilling tolerance of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.). Angewandte Botanik 73 (5/6): 178-183. c.a Field crops Res. Abst. 53: Abst. 2591;2000.

El-Zaeddi, H. et al. 2016. Irrigation dose and plant density affect the essential oil content and sensory quality of parsley (*Petroselinum sativum*). Sci. Hort. 206: 1-6.

Erken, O. 2022. Some bioactive metabolites' response to long-term water stress in red cabbage. Sci. Hort. 293.

Esam, A. et al. 2017. Comparative effects of indole acetic acid and salicylic acid on oxidative stress marker and antioxidant potential of okra (*Abelmoschus esculentus*) fruit under salinity stress. Sci. Hort. 216: 278-283.

Fageria, N. K. and L. C. Melo. 2014. Agronomic evaluation of dry bean genotypes for potassium use efficiency. J. Plant Nutr. 37 (12): 1899-1912.

Fan, S. et al. 2022. The salicylic acid mediates selenium-induced tolerance to drought stress in tomato plants. Sci. Hort. 300.

Farid, H. N. et al. 2022. Assessing salt tolerance induction in potato by salicylic acid using morpho-physio-biochemical, ionic and yield indices. Potato Res. 65: 677-691.

Farooq, M. et al. 2020. Integrated use of seed priming and biochar improves salt tolerance in cowpea. Sci. Hort. 272.

Farooq, M. et al. 2021. Morphological, physiological and biochemical aspects of zinc seed priming-induced drought tolerance in faba bean. Sci. Hort. 281.

Farouk, S. and A. M. S. Abdul Qados. 2018. Enhancing seed quality and productivity as well as physioanatomical response of pea plants by folic acid and/or hydrogen peroxide application. Sci. Hort. 240: 29-37.

Feregrino-Perez, A. A. et al. 2018. A general overview of the benefits and possible effects of the nanotechnology in horticulture. Sci. Hort. 238: 126-137.

Ferrol, N., C. Azcon-Aguilar, and J. Pérez-Tienda. 2019. Review: arbuscular

mycorrhizas as key players in sustainable plant phosphorus acquisition: an overview on the mechanisms involved. Plant. Sci. 280: 441-447.

Fiasconaro, M. L. et al. 2019. Role of proline accumulation on fruit quality of pepper (*Capsicum annuum* L.) grown with a K-rich compost under drought conditions. Sci. Hort. 249: 280-288.

Fornes, F. et al. 2017. Assessment of biochar and hydrochar as minor to major constituents of growing media for containerized tomato production. J. Sci. Food Agr. 97 (11): 3675-3684.

Fritz, V. A. et al. 2005. Growing asparagus in Minnesota. Univ. Minnesota Ext. Serv. The Internet.

Fritz, V., C. Tong, C. Rosen, and J. Wright. 2007. Carrots (*Daucus carota*). University of Minnesota Extension. 18 p. The Internet.

Galmarini, C., R. Borgo, J. C. Gaviola, and R. Tizio. 1995. Effect of gibberellic acid on seed production in carrot (*Daucus carota* L.). I. Effect of different concentrations and application dates on vegetative cycle length and seed yield and quality. (In Spanish with English summary). Hort. Aregen. 14 (37): 74-86. c. f. Hort. Abst. 67: Abst. 5065; 1997.

Gao, X., S. Zhang, X. Zhao, and H. Long. 2020. Evaluation of potassium application on tomato performance and rhizosphere bacterial communities under negative pressure irrigation of greenhouse-grown. J. Plant Nutr. 43 (3): 317-326.

Gao, S. et al. 2022. Selenomethionene regulates the sugar-acid ratio of strawberry fruit by modulating the activities related enzymes. J. Hort. Sci. Biotechnol. 97 (2): 224-235.

Garcia-Méndez, E. et al. 2008. Chemical alternatives to methyl bromide for weed control and runner plant production in strawberry nurseries. HortScience 43: 177-182.

Geisseler, D. et al. 2022. Nitrogen nutrition and fertilization of onions (*Allium cepa* L.) – a literature review. Sci. Hort. 291.

Ghorbanli, M., M. F. Sepehr, and N. Shekarkar. 2015. Interaction of pH and Mn on physiological parameters of *Brassica oleracea* L J. Plant Nutr. 38 (9): 1383-1397.

Ghorbanpour, A., A. Salimi, M. A. T. Ghanbary, H. Pirdashti, and A. Dehestani. 2018. The effect of *Trichoderma harzianum* in mitigating low temperature stress in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants. Sci. Hort. 230: 134-141.

Gibson, R. W. and J. F. Kreuze. 2015. Degeneration in sweetpotato due to viruses, virus-cleaned planting material and reversion: a review. Plant Pathol. 64: 1-15.

Giné-Bordonaba, J. and L. A. Terry. 2016. Effect of deficit irrigation and methyl jasmonate application on (*Fragaria* × *ananassa*) fruit and leaves. Sci. Hort. 199: 63-70.

Gisbert, C., J. Prohens, M. D. Raigón, J. R. Stommel, and F. Nuez. 2011. Eggplant relatives as sources of variation for developing new rootstocks: effects of grafting on eggplant yield and fruit apparent quality and composition. Sci. Hort. 128 (1): 14-22.

Gisbert-Mullor, R. et al. 2021. Suitable rootstocks can alleviate the effects of heat stress on pepper plants. Sci. Hort. 290.

Giuffirida, F. et al. 2017. Effects of salt stress imposed during two growth

phases on cauliflower production and quality. J. Sci. Food Agr. 97 (5): 1552-1560.

Giuliani, M. M. et al. 2019. The effect of strobilurin on ethylene production in flowers, yield and quality parameters of processing tomato grown under a moderate water stress condition in Mediterranean area. Sci. Hort. 249: 155-161.

Gogo, E. O. et al. 2014. Microclimate modification and insect pest exclusion using Agronet improve pod yield and quality of french bean. HortScience 49 (10): 1298-1304.

Goicoechea, N. et al. 2015. Selenium fertilization and mycorrhizal technology may interfere in enhancing bioactive compounds in edible tissues of lettuces. Sci. Hort. 195: 163-172.

Goldberger, J. R., L. W. DeVetter, and K. E. Dentzman. 2020. Polyethylene and biodegradable plastic mulches for strawberry production in the United States: experiences and opinions of growers in three regions. HortTechnology 29 (5): 619-628.

Gómez, S. and C. Gómez. 2022. Evaluating the use of biostimulants for indoor hydrponic lettuce production. HortTechnology 32 (4).

Gómez-Bellot, M. J. et al. 2021. Effect of mixed substrate with different mycorrhisal fungi concentrations on the physiological and productive response of three varieties of tomato. Sci. Hort. 283.

González, A. I. et al. 2022. Compost tea as a sustainble alternative to promote plant growth and resistance against *Rhizoctonia solani* in potato plants. Sci. Hort. 300.

González-Dugo, V., F. Orgaz, and E. Fereres. 2007. Responses of pepper to deficit irrigation for paprika production. Sci. Hort. 114 (2): 77-82.

Gorni, P. H. et al. 2022. Increasing plant performance, fruit production and nutritional value of tomato through foliar applied rutin. Sci. Hort. 294.

Gou, T. et al. 2022. Silicon delays salt stress-induced senescence by increasing cytokinin synthesis in tomato. Sci. Hort. 293.

Gowtham, H. G., P. Duraivadivel, P. Hairprasad, and S. R. Niranjana. 2017. A novel split-plot bioassay to screen indole acetic acid producing rhizobacteria for the improvement of plant growth in tomato (*Solanum lycopersicum*). Sci. Hort. 224: 351-357.

Granberry, D. M., W. T. Kelley, and G. Boyhan. 1999. Sweet potato. The Univ. Georgia Coop. Ext. Service. Circular 677. The Internet.

Grasso, R. et al. 2020. Root and crop responses of sweet pepper (*Capsicum annuum*) to increasing N fertilization. Sci. Hort. 273.

Gromaz, A. et al. 2017. Effect of different levels of nitrogen in nutrient solution and crop system on nitrate accumulation in endive. J. Plant Nutr. 40 (14): 2045-2053.

Gupta, S., R. Kaushal, R. S. Spehia, S. S. Pathania, and V. Sharma. 2017. Productivity of capsicum influenced by conjoint application of isolated indigenous PGPR and chemical fertilizers. J. Plant Nutr. 40 (7): 921-927.

Han, Y. et al. 2021. Application of biodegradable plastic mulch improves manure N availability and tomato yield in an organic cropping system. J. Plant Nutr. 44 (8): 1120-1130.

Hancock, J. F., P. W. Callow, S. Serce, and A. C. Schilder. 2001. Relative performance of strawberry cultivars and native hybrids on fumigated and nonfumigated soil in Michigan. HortScience 36 (1): 136-138.

Hayat, S. et al. 2018. Aqueous garlic extract stimulates growth and antioxidant enzymes activity of tomato (*Solanum lycopersicum*). Sci. Hort. 240: 139-146.

Hayat, S. et al. 2022. Garlic, from medicinal herb to possible plant bioprotectant: a review. Sci. Hort. 304.

He, Y. et al. 2019. Glyoxylate cycle and reactive oxygen species metabolism are involved in the improvement of seed vigor in watermelon by exogenous GA_3. Sci. Hort. 247: 184-194.

He, S. et al. 2022. 5-Aminolevulinic acid-induced salt tolerance in strawberry (cv.'Benihoppe'): possible role of nitric oxide on interception of salt ions in roots. Sci. Hort. 304.

Hernández, V., P. Hellin, J. Fenoll, and P. Flores. 2020. Impact of nitrogen supply limitation on tomato fruit composition. Sci. Hort. 264.

Hernández-Soberano, C. et al. 2020. Endophytic bacteria *Arthobacter agilis* UMCV2 and *Bacillus methylotrophicus* M4-96 stimulate achene germination, in vitro growth, and greenhouse yield of strawberry (*Fragaria* × *ananassa*). Sci. Hort. 261.

Heshmat, K., B. A. Lajayer, M. R. Shakiba, and T. Astatkie. 2021. Assessment of physiological traits of common bean cultivars in response to water stress and molybdenum levels. J. Plant Nutr. 44 (3): 366-372.

Heuvelink, E. and O. Korner. 2001. Parthenocarpic fruit growth reduces yield fluctuation and blossom-end rot in sweet pepper. Annals of Botany 88 (1): 69-74.

Hoidal, N., S.-E. Jacobsen, A. Odone, G. Alandia. 2020. Defoliation timing for optimal leaf nutrition in dual-use amaranth production systems. J. Sci. Food Agr. 100 (13).

Hoque, M. M. et al. 2010. Yield and post-harvest quality of lettuce in response to nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers. HortScience 45: 1539-1544.

Hu, W.-H. X.-H. Yan, Y. He, and R. Xi. 2019. 24-Epibrassinolide alleviate drought-induced photoinbibition in *Capsicum annuum* via up-regulation of AOX pathway. Sci. Hort. 243: 484-489.

Hu, W. et al. 2022. Foliar application of silicon and selenium improves the growth, yield and quality characteristics of cucumber in field conditions. Sci. Hort. 294.

Huang, M., Z. Zhang, C. Zhu, Y. Zhai, and P. Lu. 2019. Effect of biochar on sweet corn and soil salinity under conjunctive irrigation with brackish water in coastal saline soil. Sci. Hort. 250: 405-413.

Huntenburg, K., I. C. Dodd, and M. Stalham. 2021. Agronomic and physiological responses of potato subjected to soil compaction and/or drying. Ann. Appl. Biol. 178 (2): 328-340.

Huyskens-Keil, S. et al. 2020. Impact of light quality (white, red, blue and UV-C irradiation) on changes in anthocyanin content and dynamics of PAL and POD activities in apical and basal spear sections. Postharvest Biol. Technol. 161.

Hochmuth, G. et al. 2006. Fruting responses and economics of containerized and bare-root strawberry transplants established with different irrigation methods. HortTechnology 16 (2): 205-210.

Hung, C. D. et al. 2015. Growth and morphogenesis of encapsulated strawberry shoot tips under mixed LEDs. Sci. Hort. 194: 194-200.

Iatrou, M. and A. Papadopoulos. 2016. Influence of nitrogen nutrition on nitrate levels of strawberry leaf blades and petioles. J. Plant Nutr. 39 (8): 1131-1136.

Ibrahim, A. 2020. Improvement in growth, yield, and fruit quality of three red sweet pepper cultivars by foliar application of humic and salicylic acids. HortTechnoloy 29 (2): 170-178.

Ibrahim, E. A. and W. A. Ramadan. 2015. Effect of zinc foliar spray alone and combined with humic acid or/and chitosan on growth, nutrient elements content and yield of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants sown at different dates. Acta Hort. 184: 101-105.

Ibrahim, M. F. M., H. A. Ibrahim, and H. G. Abd El-Gawad. 2021. Folic acid as a protective agent in snap bean plants under water deficit conditions. J. Hort. Sci. Biotechnol. 96 (1): 94-109.

Ibrahim, E. et al. 2022. Effects of biochar on soil properties, heavy metal availability and uptake, and growth of summer squash grown in metal-contaminated soil. Sci. Hort. 301.

Ierna, A. and G. Mauromicale. 2022. How irrigation water saving strategy can affect tuber growth and nutritional composition of potato. Sci. Hort. 299.

Ilić, S. Z. et al. 2017. Light modification by color nets improve quality of lettuce from summer production. Sci. Hort. 226: 389-397.

Ioannou, N. 2001. Integrating soil solarization with grafting on resistant rootstocks for management of soil-borne pathogens of eggplant. J. Hort. Sci. Biotechnol. 76 (4): 396-401.

Jalpa, L. et al. 2021. Recovery efficiency of applied and residual nitrogen fertilizer in tomatoes grown on sandy soils using the ^{15}N technique. Sci. Hort. 278.

Jan, M. et al. 2020. Protective effect of potassium application on NaCl induced stress in tomato (*Lycopersion esculentum* L.) genotypes. J. Plant Nutr. 43 (13): 1988-1998.

Jesus, E. da C., R. de. A. Leite, R. do A. Bastos, O. O. da S. Aragao, and A. P. Araújo. 2018. Co-inoculation of *Bradyrhizobium* stimulates the symbiosis efficiency of *Rhizobium* with common bean. Plant and Soil. 425 (1-2): 201-215.

Ji, S. et al. 2020. The effect of *Trichoderma* biofertilizer on the quality of flowering chinese cabbage and the soil environment. Sci. Hort. 262.

Jett, L. W. 2006. Growing sweet potatoes in Missouri. MU Extension. The Internet.

Jett, L. W. and G. E. Welbaum. 1996. Chenges in broccoli (*Brassica oleracea* L.) seed weight, viability, and vigour during development and following drying and priming. Seed Sci. Technol. 24 (1): 127-137.

Jiang, L., X. Tian, L. Duan, and Z. Li. 2007. The fate Cry1Ac Bt toxin during oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivation on transgenic Bt cottonseed hulls. J. Sci. Food Agr. 88 (2): 214-217.

Jiménez-Gómez, A. et al. 2020. Increase in phenolic compounds of *Coriandrum sativum* L. after the application of a *Bacillus halotolerans* biofertilizer. J. Sci. Food Agr. 100 (6).

Juárez-Maldonado, A., K. de-Alba-Romenus, A. B. Morales-Diaz, and A. Benavides-Mendoza. 2017. Macro-nutient uptake dynamics in greenhouse tomato crop. J. Plant Nutr. 40 (13): 1908-1919.

Kabir, M. Y. et al. 2021. Effect firrigation level on growth, physiology and fruit yield and quality in bell pepper (*Capsicum annuum* L.) Sci. Hort. 281.

Kabir, M. Y. 2022. Plant water status, plant growth, and fruit yield in bell pepper (*capsicum annuum* L.) under shade nets. Sci. Hort. 303.

Kafi, S. A. et al. 2021. *Pseudomonas putida* P3-57 induces cucumber (*Cucumis sativus* L.) defence responses and improves fruit quality characteristics under commercial greenhouse conditions. Sci. Hort. 280.

Kalisz, A. et al. 2014. Impact of low-temperature transplant treatment on yield and quality of cauliflower curds in late spring production. Sci. Hort. 176: 134-143.

Kaloterakis, N. et al. 2021. Silicon application and plant growth promoting rhizobacteria consisting of six pure *Bacillus* species alleviate salinity stress in cucumber (*Cucumis sativus* L.). Sci. Hort. 288.

Kamanga, R. M. etal. 2020. Salinity acclimation ameliorates salt stress in tomato (*Solanum lycopersicon* L.) seedlings by physiological processes in leaves. Sci. Hort. 270.

Karnwal, A. 2021. Zinc salubilizing *Pseudomonas* spp. from vermicompost bestowed with multifaceted plant growth promoting properties and having prospective modulation of zinc biofortification in *Abelmoschus esculentus* L. J. Plant Nutr. 44 (7): 1023-1038.

Kapoor, A. et al. 2022. Biochar as a means to improve soil fertility and crop productivity: a review J. Plant Nutr. 45 (15): 2380-2388.

Karimaei, M. et al. 2022. Evaluation of aluminum toxicity and phosphorus treatment on the physiological and biochemical traits of spinach (*Spinacia oleracea* L.). Sci. Hort. 298.

Karkakanis, A., D. Bilalis, A. Efthimiadou, and N. Katsenios. 2012. The critical period for weed competition in parsley (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nyman ex A. W. Hill) in Mediterranean areas. Crop Protection 42: 268-272.

Karakas, M. C. et al. 2021. Effects of water deficit on growth and performance of drip irrigated sweet potato varieties. J. Sci. Food Agr. 101 (7): 2961-2973.

Kasperbauer, M. J., J. H. Loughrin, and S. Y. Wang. 2001. Light reffected from red mulch to ripening strawberries affects aroma, sugar and organic acid concentrations. Phytochem. Phytobio. 74 (1): 103-107.

Kathi, S. et al. 2021. Cornstrarch-based, biodegradable superabsorbent polymer to improve water retention, reduce nitrate leaching, and result in improved tomato growth and development. HortScience 56 (12).

Kenanoglu, B. B., I. Demir, and H. Jalink. 2013. Chlorophyll fluorescence sorting method to improve quality of capsicum pepper seed lots produced from different maturity fruits. HortScience 48 (8): 965-968.

Khan, R. I. 2018. Effect of pre-harvest foliar application of amino acids and seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract on growth, yield, and storage life of different bell pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars grown under hydroponic conditions. J. Plant Nutr. 41 (18) 2309-2319.

Khapte, P. S., P. Kumar, U. Burman, and P. Kumar. 2019. Deficit irrigation in tomato agronomical and physio-biochemical implications. Sci. Hort. 248: 256-264.

Khokhar, K. M. 2019. Mineral nutrient management for onion bulb crops - a review. J. Hort. Sci. Biotechnol. 94 (6): 703-717.

Khosravifar, S. et al. 2020. Effects of different irrigation regimes and two arbuscular mycorrhizal fungi on some physiological characteristics and yield of potato under field conditions. J. Plant Nutr. 43 (13): 2067-2079.

Kim, S. T. et al. 2022. Bacillus *butanolivorans* KJ40 contributes alleviation of drought stress in pepper plants by modulating antioxidant and polyphenolic compounds. Sci. Hort. 301.

King, S. R., A. R. Davis, X. Zhang, and K. Crosby. 2010. Genetics, breeding and selection of roostocks for solanaceae and cucurbitaceae. Sci. Hort. 127: 106-111.

Kirnak, H., C. Kaya, D. Higgs, and S. Gercek. 2001. A long-term experiment to study the role of mulches in the physiology and macro-nutrition of strawberry grown under water stress. Aust. J. Agr. Res. 52: 937-943.

Kocira, A. et al. 2017. Effect of foliar application of a nitrophenolate-based biostimulant on the yield and quality of two bean cultivars. Sci. Hort. 214: 76-82.

Koleska, I. et al. 2018. Grafting influence on the weight and quality of tomato fruit under salt stress. Ann. App. Biol. 172 (2).

Kong, L. et al. 2020. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on photosynthesis, ion balance of tomato plants under saline-alkali soil condition. J. Plant Nutr. 43 (5): 682-698.

Kontopoulou, C.-K., D. Bilalis, V. A. Rappa, R. M. Rees, and D. Savvas. 2015. Effects of organic farming practices and salinity on yield and greenhouse gas emissions from a common bean crop. Sci. Hort. 183: 48-57.

Kordatatzaki, G. et al. 2022. Effect of foliar and soil application of plant growth promoting bacteria on kale production and quality characteristics. Sci. Hort. 301.

Korkmaz, A. et al. 2021. Melatonin effects in enhancing chilling stress tolerance of pepper. Sci. Hort. 289.

Kucukyumuk, Z. and D. L. Suarez. 2021. The effect of selenium on salinity and selenate-sulfate comparison in kale. J. Plant Nutr. 44 (20): 2996-3004.

Kuepper, G. and R. Thomas. 2001. Organic asparagus production. ATTRA Publication # CT100. The Internet.

Kumar, A. et al. 2018. Biochar potential in intensive cultivation of *Capsicum annuum* L. (sweet pepper). Crop yield and plant protection. J. Sci. Food Agr. 98 (2): 495-503.

Kumar, A., J. S. Patel, V. S. Meena, and P. W. Ramteke. 2019. Plant gwoth-promoting rhizobacteria: strategies to improve abiotic stresses under sustainable agriculture. J. Plant Nutr. 42 (11-12): 1402-1415.

Kumar, P., N. Sharma, S. Sharma, and R. Gupta. 2020. Rhizosphere stochiometry, fruit yield, quality attributes and growth response to PGPR transplant amendments in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) growing on solarized soils. Sci. Hort. 265.

Kurunc, A. 2021. Effects of water and salinity stresses on growth, yield, and water use of iceberg lettuce. J. Sci. Food Agr. 101 (13): 5688-5696.

Lacerda, V. R. et al. 2022. Silicon as a mitigator of water deficit stress in radish crop. Sci. Hort. 291.

Lang, K. M. and A. Nair. 2019. Effect of tomato rootstock on hybrid and

heirloom tomato performance in a Midwest high tunnel production system. HortScience 54 (5): 840-845.

Lang, K. M., A. Nair, and A. G. Litvin. 2020. An alternative healing method for grafted tomato transplants: the effect of light exclusion and substrate temperature on plant survival and growth. HortTechnology 30 (6): 677-684.

Langeroodi, A. R. et al. 2019. Can biochar improve pumpkin production and its physiological characteristics under reduced irrigation regimes?. Sci. Hort. 247: 195-204.

Langeroodi, A. R. S., O. A. Osipitan, E. Radicetti, and R. Mancinelli. 2020. To what extent arbuscular mycorrhiza can protect chicory (*Cichorium intybus* L.) against drought stress. Sci. Hort. 263.

Latif, M., N. A. Akram., and M. Ashraf. 2016. Regulation of some biochemical attributes in drought-stressed cauliflower (*Brassica oleracea* L.) by seed pre-treatment with ascorbic acid. J. Hort. Sci. Biotechnol. 91 (2): 129-137.

Le, T. A. et al. 2018. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on the water-yield relationship and carotenoid production of processing tomatoes. HortScience 53 (6): 816-822.

Lee, N. and H. Y. Park. 2020. effects of different colored film mulches on the growth and bolting time of radish (*Raphanus sativus* L.). Sci. Hort. 266.

Leskovar, D. and Y. Othman. 2016. Low nitrogen fertigation promotes root development and transplant quality in globe artichoke. HortScience 51 (5): 576-572.

Leskovar, D. I., C. Xu, and S. Agehara. 2013. Planting configuration and plasticulture effects on growth, physiology, and yield of globe artichoke. HortScience 48 (12): 1496-1501.

Li, Y. et al. 2020. Applying wollastonite to soil to adjust pH and suppress powdery mildew on pumpkin. HortTechnology 29 (6): 811-820.

Li, Y. et al. 2020. Design of an air blowing device above seedbed: the effect of air disturbance on the microenvironment and growth of tomato seedling. HortScience 55 (8): 1308-1314.

Li, C., J. Wang, and Y. C. Zhang. 2020. Root growth and phosphorus efficiency among sweet potato genotypes under low phosphorus. J. Plant Nutr. 43 (9): 1320-1330.

Li, R. et al. 2020a. Monochromatic lights regulate the formation growth and dormancy of *in vitro*-grown *Solanum tuberosum* L. microtubers. Sci. Hort. 261.

Li, R. et al. 2020b. Addition of white light to monochromatic red and blue lights alters the formation, growth, and dormancy of in vitro-grown *Solanum tuberosum* L. microtubers. HortScience 55 (1): 71-77.

Li, F. et al. 2021. Green light promotes healing and root regeneration in double-root-cutting grafted tomato seedlings. Sci. Hort. 289.

Li, K. et al. 2021. Utilizing cold plasma seed treatment technologies to delay cotyledon senescence in tomato seedlings. Sci. Hort. 281.

Li, B. et al. 2021. Combined environmental stresses induced by drip irrigation positively affect most solar greenhouse grown tomato fruit quality. Sci. Hort. 288.

Liang, J. et al. 2021. Grafting improves nitrogen-use efficiency by

regulating the nitrogen uptake and metabolism under low-nitrate conditions in cucumber. Sci. Hort. 289.

Liang, Y. et a. 2022. Transcriptomic and metabolomic analysis of the mechanism of temperature-regulated anthocyanin biosynthesis in purple asparagus spears. Sci. Hort. 295.

Lin, F. W., et al. 2020. Effects of betaine and chitin on water use efficiency in lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata*). HortScience 55 (1): 89-95.

Liu, X. X. et al. 2015. Oxalate synthesis in leaves is associated with root uptake of nitrate and its assimilation in spinach (*Spinacia oleracea* L.) plants. J. Sci. Food Agr. 95 (10): 2015-2116.

Liu, K., M. Newman, J. A. McInroy, C. H. Hu, and J. W. Kloepper. 2017. Selection and assessment for plant growth-promoting rhizobacteria for biological control of multiple plant diseases. Phytopathology 107 (8): 928-936.

Lone, R., R. Shuab, S. Khan, J. Ahmad, and K. K. Koul. 2018. Influence of mycrorrhizal inoculation on carrot orowth, metabolites and nutrition. J. Plant Nutr. 41 (4): 432-444.

Lone, R., A. Alaklabi, J. A. Malik, and K. K. Koul. 2020. Mycirrhizal influence on storage metabolite and mineral nutrition in seed propagated potato (*Solanum tuberosum* L.) plant. J. Plant Nutr. 43 (14): 2164-2175.

López-Aranda, J. M. et al. 2009. Methyl bromide alternatives for high tunnel strawberry production in southern Spain. HortTechnology 19 (1): 187-192.

López-Lima, D. et al. 2021. The bifunctional role of copper nanoparticles in tomato: effective treatment for Fusarium wilt and plant growth promoter. Sci. Hort. 277.

López-Marin, J. et al. 2017. Selecting vegetative /generaite/dwarfing rootstocks for improving fruit yield and quality in water stressed sweet peppers. Sci. Hort. 214: 9-17.

López-Medina, J. et al. 2001. Genotype × environment interaction for planting date and plant density effects on yield characters of strawberry. J. Hort. Sci. Biotechnol. 76 (5): 564-568.

Loughrin, J. H. and M. J. Kasperbauer. 2002. Aroma of fresh strawberries is enhanced by ripening over red versus black mulch. J. Agr. Food Chem. 50 (1): 161-165.

Lu, M. et al. 2020. Nutritional quality and health risk of pepper fruit as affected by magnesium fertilization J. Sci. Food Agr. 101 (2).

Lu, J. et al. 2020. Suboptimal temperature acclimation enhances chilling tolerance by improving photosynthetic adaptability and osmoregulation ability in watermelon. Hort. Plant J. 6 (1): 49-60.

Lv, Z., S. Zhang, and G. Lu. 2021. Effect of light regulation on the quality of sweetpotato sprouts. HortScience 56 (3): 374-379.

Ma, S. et al. 2020. Enhancement of salt-stressed cucumber tolerance by application of glucose for regulating antioxidant capacity and nitrogen metabolism. Canad. J. Plant Sci. 100 (3): 253-263.

Mali, S. S. et al. 2019. Planting geometry and growth stage linked fertigation patterns: impact on yield, nutrient uptake and water productivity of chilli pepper in hot and sub-humid climate. Sci. Hort. 249: 289-298.

Mapi, S. et al. 2022. Untargeted metabolites and chromatic approach to elucidate the response of growth and yield on different concentrations of an amino acid based biostimulant in two lettuce cultivars. Sic. Hort. 306.

Mardani, S., S. H. Tabatabaei, M. Pessarakli, and H. Zareabyaneh. 2017. Physiological responses of pepper plant (*Capsicum annuum* L.) to drought stress. J. Plant Nutr. 40 (10): 1453-1464.

Mariz-Ponte, N., R. J. Mendes, S. Savio, P. Melo, and C. Santos. 2018. Moderate UV-A supplementation benefits tomato seed and seedling invigoration: a contribution to the use of UV in seed technology. Sci. Hort. 235: 357-366.

Marzouk, T. et al. 2021. Biocontrol of *Rhizoctonia solani* using volatile organic compounds of solanaceae seed-borne endophytic bacteria. Postharvest Biol. Technol. 181.

Masood, S., X. Q. Zhao, and R. F. Shen. 2020. *Bacillus pumilus* promotes growth and nitrogen uptake of tomato plants under nitrogen fertilization. Sci. Hort. 272.

Maxton, A., P. Singh, and S. A. Masih. 2018. ACC deaminase-producing bacteria mediated drought and salt tolerance in *Capsicum annuum*. J. Plant Nutr. 41 (5): 574-583.

Mayorga-Gómez, A. et al. 2020. Temporal relationship between calcium and fruit growth and development in bell pepper (*Capsicum annuum* L.). HortScience 55 (6): 906-913.

Mazzeo, G. et al. 2020. Insect pollinators improve seed production in globe artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus*). Ann. App. Biol. 176 (3).

Mello, S. da Costa, K. Pavuluri, and F. J. Pierce. 2020. Polyhalite as a sulfur source for fresh market tomato production in Brazil. J. Plant Nutr. 43 (1): 92-107.

Mendonca, S. R. et al. 2021. The effect of different mulching on tomato development and yield. Sci. Hort. 275.

Meneghelli, C. M. et al. 2021. Zinc-biofortified lettuce in aeroponic system. Plant Nutr. 44 (14): 2146-2156.

Meng, S. et al. 2018. Comparison of morphological features of fruits and seeds for identifying two taxonomic varieties of *Spinacia oleracea* L. Canad. J. Plant Sci. 98 (2): 318-331.

Mensah, R. A. et al. 2020. Versatile *Piriformospora indica* and its potential applications in horticultural crops. Hort. Plant J. 6: 111-121.

Menzel, M. C. and G. K. Waite. 2006. The performance of strawberry plugs in queensland. Acta Hort. No. 708-: 217-224.

Merwad, A. M. A. 2018. Using *Moringa oleifera* extract as biostimulant enhancing the growth, yield and nutrients accumulation of pea plants. J. Plant Nutr. 41 (4): 425-431.

Merwad, A. R. M. A. et al. 2018. Response of water deficit-stressed *Vigna unguiculata* performance to silicon, proline or methionine foliar application. Sci. Hort. 228: 132-144.

Miao, L. et al. 2017. Fruit quality, antioxidant capacity, related genes, and enzyme activities in strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) grown under colored plastic films. HortScience 52 (9): 1241-1250.

Miao, Y. et al. 2020. Exogenous salicylic acid alleviates salt stress by improving leaf photosynthesis and root system architecture in cucumber seedlings. Sci. Hort. 272.

Miceli, A., L. Sabatino, A. Moncada, F. Vetrano, and F. D'Anna. 2014. Nursery and field evaluation of eggplant grafted onto unrooted cuttings of *Solanum torvum* Sw. Sci. Hort. 178: 203-210.

Min, K. et al. 2021. Supplemental calcium improves freezing tolerance of spinach (*Spinacia oleracea* L.) by mitigating membrane and photosynthetic damage, and bolstering anti-oxidant and cell-wall status. Sci. Hort. 288.

Mirfattahi, Z. and S. Eshghi. 2020. Inducing salt tolerance in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch) plants by acetate application. J. Plant Nutr. 43 (12): 1780-1793.

Mohamed, F. H. 2001. Current and future usage of micropropagated strawberry transplants in Egypt. Acta Hort. No. 513: 389-392.

Mohammadipour, N. and M. K. Souri. 2019. Beneficial effects of glycine on growth and leaf nutrient concentrations of coriander (*Coriandrum sativum*) plants. J. Plant Nutr. 42 (14): 1637-1644.

Moncada, A. et al. 2013. Effect of grafting on yield and quality of eggplant (*Solanum melongena* L.). Sci. Hort. 149: 108-114.

Montoya, J. E., Jr. et al. 2020. Pollinator-attracting companion plantings increase crop yield of cucumbers and habanero peppers. HortScience 55 (2): 164-169.

Montoya, Garcia, C. et al. 2018. Change in the contents of fatty acids and antioxidant capacity of purslane in relation to fertilization. Sci. Hort. 234: 152-159.

Mor, V. S., S. S. Verma, and U. Verma. 2009. Studies on seed viability and vigour in various order umbels of fennel (*Foeniculum vulgare* Miller). Seed Sci. Technol. 37 (3): 747-757.

Moore, J. C. and A. L. Wszelaki. 2019. The use of biodegradable mulches in pepper production in the southeastern United States. HortScience 54 (6): 1031-1038.

Morais, M. C. et al. 2019. Comparative study of plant growth-promoting bacteria on the physiology, growth and fruit quality of strawberry. J. Sci. Food Agr. 99 (12).

Moreira, A. and L. A. C. Moraes. 2017. Yield, nutritional status and soil fertility cultivated with common bean in response to amino-acids foliar application. J. Plant Nutr. 40 (3): 344-351.

Moreno-Salazar, R. et al. 2020. Plant growth, foliar nutritional content and fruit yield of *Capsicum chinense* biofertilized with *Purpureocillium lilacinum* under greenhouse conditions. Sci. Hort. 261.

Motoki, S., T. Hattori, and J. Oka. 2008. Allelopathy in asparagus. 2. Effect of injection period and concentration on deep placement method of activated charcoal flowable in growing period of asparagus. Acta Hort. No. 776: 91-104.

Munawar, A., N. A. Akram, A. Ahmad, and M. Ashraf. 2019. Nitric oxide regulates oxidative defense system, key metabolites and growth of broccoli (*Brassica oleracea* L.) plants under water limited conditions. Sic. Hort. 254.

Murata, G. et al. 2022. *Solanum palinacanthum* Dunal as a potential eggplant rootstock resistant to root-knot nematodes. J. Phytopathol. 170 (3): 185-193.

Najjari, F. and S. Ghasemi. 2018. Changes in chemical properties of sawdust and blood powder mixture during vermicomposting and the effects on the growth and chemical composition of cucumber. Sci. Hort. 232: 250-255.

Negi, Y. K. et al. 2021. Enhancement in yield and nutritive qualities of strawberry fruits by the application of organic manures and biofertilizers. Sci. Hort. 283.

Neto, J. G. et al. 2022. Silicon leaf spraying increases bioforticiation production, ascorbate content and decreases water loss post-harvest from land cress and chicory leaves. J. Plant Nutr. 45 (8): 1283-1290.

Niu, C. et al. 2022. Biostimulants alleviate temperature stress in tomato seedlings. Sci. Hort. 293.

Nolet, N. and D. J. Wolyn. 2020. Fall defoliation affects acquisition of freezing tolerance and spring regrowth in asparagus. Canad. J. Plant Sci. 100 (4): 380-391.

Nordey, T., E. Shem, and J. Huat. 2020. Impacts of temperature and rootstocks on tomato grafting success rates. HortScience 55 (2): 136-140.

Nascimento, W. M., D. J. Cantliffe, and D. J. Huber 2001. Endo-β-mannanase activity and seed germination of thermosensitive and thermotolerant lettuce genotypes in response to seed priming. Seed Sci. Res. 11 (3): 255-264.

Ohletz, J. L. and J. B. Loy. 2021. Grafting melons increases yield, extends the harvest season, and prevents sudden wilt in New England. HortTechnology 31 (1): 101-114.

Noor, A., K. Ziaf, M. Amjad, and I. Ahmad. 2020. Synthetic auxins concentration and application time modulates seed yield and quality of carrot by altering the umbel order. Sci. Hort. 262.

Olowe, O. M. et al. 2021. Exploration of microbial stimulants for

induction of systemic resistance in plant disease management. Ann. Appl. Biol. 177 (3).

Olszyk, D. et al. 2020. Biochar affects essential nutrients of carrot taproots and lettuce leaves. HortScience 55 (2): 261-271.

Ombódi, A.. H. G. Daood, and L. Helyes. 2014. Carotenoid and tocopherol composition of an orange-colored carrot as affected by water supply. HortScience 49 (6): 729-733.

Omondi, J. O. et al. 2019. Phosphorus affects storage root yield of cassava through root numbers. J. Plant Nutr. 42 (17): 2070-2079.

Opricã, D. I., T. M. Cioroiani, and M. Lungu. 2017. Assessment of a bone glue-based foliar fertilizer on tomato quality production. J. Plant Nutr. 40 (5): 685-694.

Orde, K. M. et al. 2021. Albion strawberry responds to mulch treatments and low tunnels covered with photoselective films. HortScience 56 (9).

Ornellas, F. L. S. et al. 2020. Gene expression, biochemical and physiological activities in evaluating melon seed vigor through ethanol release. Sci. Hort. 261.

Orsini, F. et al. 2018. Hydroponic lettuce yields are improved under salt stress by utilizing white plastic film and exogenous applications of proline. Sci. Hort. 233: 283-293.

Oruru, M. B., E. M. Njeru, R. Pasquet, and S. Runo. 2018. Response of a wild-type and modern cultivars to arbuscular mycorrhizal inoculation in sterilized and non-sterilized soil. J. Plant Nutr. 41 (1): 90-101.

Osorio, N. W. et al. 2003. Nitrogen level and form affect taro growth and nutrition. HortScience 38 (1): 36-40.

OSU, Oregon State University. 2002. Globe artichoke. Commercial vegetable production guides. The Internet.

OSU, Oregon State University. 2003. Spinach. Commercial Vegetable Production Guides. The Internet.

OSU, Oregon, State University. 2007. Asparagus production management and marketing. Ext. Bull. 826. The Internet.

OSU, Oregon State University. 2009. Sweetpotato. Commercial vegetable production guides. The Internet.

Othman, Y. A. and D. I. Leskovar, 2022. Foliar application of gibberellic acid improves yield and head phenolic compounds in globe artichoke. Sci. Hort. 301.

Oz, H. 2018. A new approach to soil solarization: addition of biochar to the effect of soil temperature and quality and yield parameters of lettuce (*Lactuca sativa* L. Duna). Sci. Hort. 228: 153-161.

Ozbahce, A. et al. 2021. Impact of different roostocks and limited water on yield and fruit quality of melon grown in a field naturally infested with fusarium wilt. Sci. Hort. 289.

Padbhushan, R. et al. 2019. Chemical fractions and response of cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) to soil applied boron. J. Plant Nutr. 42 (5): 491-500.

Pal, S. et al. 2020. Assessment of fusarium wilt resistant *Citrullus* sp. rootstocks for yield and quality traits of grafted watermelon. Sci. Hort. 272.

Palacio-Márquez, A. et al. 2021. Efficiency of foliar application of zinc oxide nanoparticles versus zinc ritrate complexed with chitosan on

nitrogen assimilation, photosynthetic activity, and production of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Sci. Hort. 288.

Palada, M. C. and S. M. A. Crossman. 1999. Evaluation of tropical leaf vegetables in the Virgin Islands, pp. 388-393. In: J. Janick (ed.). Perspectives on new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA.

Panjai, L., G. Noga, A. Fiebig, and M. Hunsche. 2017. Effects of continuous red light and short daily UV exposure during postharvest on carotenoid concentration and antioxidant capacity in stored tomatoes. Sci. Hort. 226: 97-103.

Parkash, V. and S. Singh, 2020. Potential of biochar application to mitigate salinity stress in eggplant. HortScience 55 (12): 1946-1955.

Parkash, V. et al. 2021. Effect of deficit irrigation on root growth, soil water depletion, and water use efficiency of cucumber. HortScience 56 (10).

Pasbani, B. et al. 2020. Colonization with arbuscular mycorrhizal fungi mitigates cold stress through improvement of antioxidant defense and accumulation of protecting molecules in eggplants. Sci. Hort. 272.

Pathania, P., R. Bhatia, and M. Khatri. 2020. Cross-competence and affectivity of maize rhizosphere bacteria *Bacillus* sp. MT7 in tomato rhizosphere. Sci. Hort. 272.

Pattillo, D. A. et al. 2020. Performace of aquaculture effluent for tomato production in outdoor raised beds. HortTechnology 30 (5): 624-631.

Peachy, E., R. L. Ludy, M. L. Powelson, and D. M. McGrath. 2006. Modification of plant arrangement suppresses white mold of snap beans. HortScience 41 (5).

Pedrosa, V. M. D. et al. 2021. Production of mycosporine-like amino acid (MAA)-loaded emulsions as chemical barriers to control sunscald in fruits and vegetables. J. Sci. Food Agr. 102 (2): 801-812.

Penella, C. et al. 2017. Grafting pepper onto tolerant rootstocks: an environmental-friendly technique overcome water and salt stress. Sci. Hort. 226: 33-41.

Pereira, T. dos Santos et al. 2020. Water-extractable fraction of vericomposts enriched with *Trichoderma* enhances the growth of bell pepper and tomato as well as their tolerance against *Meloidogyne incognita*. Sci. Hort. 272.

Pereira, J. M. et al. 2021. Agronomic, physicochemical, and sensory charactersitics of fruit of Biqinho pepper cultivated with liquid biofertilizer. Sci. Hort. 288.

Pérez-Jiménez, M. et al. 2015. Foliar application of plant growth regulators changes the nutrient composition of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Sci. Hort. 194: 188-193.

Pimenta, T. M. et al. 2022. Action of high concentration of carbon dioxide on size and ripening of tomato fruit. Sci. Hort. 304.

Piñero, M. C. et al. 2020. Foliar application of putrescine before a short-term heat stress improves the quality of melon fruits (*Cucumis melo* L.). J. Sci. Food Agr. 101 (4): 1428-1435.

Pinkerton, J. N., K. L. Ivoris, P. W. Reeser, P. R. Bristow, and G. E. Windom. 2002. The use of solarization for the management of soilborne plant pathogens in strawberry and red raspberry production. Plant Dis. 86: 645-651.

Pishchik, V. N. etal. 2016. Estimation of synergistic effect of humic

fertilizer and *Bacillus subtilis* on lettuce plants by reflectance measurements. J. Plant Nutr. 39 (8): 1074-1086.

Porter, L. J., S. W. Mattner, J. Banks, and P. Fraser. 2004. Impact of global methyl bromide phase-out on the sustainability of strawberry industries. Acta Hort. No. 708: 179-185.

Preston, H. A. F. et al. 2021. Slag-based silicon fertilizer improves the resistance to bacterial fruit blotch and fruit quality of melon grown under field conditions. Crop Prod. 147.

Prince Edward Island. 2005. Beets. Farm Extension services. Pub. No. 1400A. The Internet.

Qin, K. and D. I. Leskovar. 2020. Assessments of humic substances application and deficit irrigation in triploid watermelon. HortScience 55 (5): 716-721.

Qiu, N. et al. 2021. The interplay between calcium and storontium in chinese cabbage under normal and low calcium conditions. HortSicence 56 (8).

Racic, G. et al. 2018. The influence of *Trichoderma brevicompactum* treatment and drought on physiological parameters, abscisic acid content and signaling pathway marker gene expression in leaves and roots of tomato. Ann. App. Biol. 173 (3).

Rady, M. M. and G. F. Mohamed. 2015. Modulation of salt stress effects on the growth, physio-chemical attributes and yields of *Phaseolus vulgaris* L. plant by the combined application of salicylic acid and *Moringa oleifera* leaf extract. Sci. Hort. 193: 105-113.

Rady, M. M., S. S. Taha, and S. Kusvuran. 2018. Integrative application of cyanobacteria and antioxidants improves common bean performance under saline conditions. Sci. Hort. 233: 61-69.

Rady, M. M. et al. 2019. Maize (*Zea mays* L.) grains extract mitigates the deleterious effects of salt stress on common bean (*Phaselus vulgaris* L.) growth and physiology. J. Hort. Sci. Biotechnol. 94 (6): 777-789.

Rady, M. M., H. E. E. Belal, F. M. Gadallah, and W. M. Semida. 2020. Selenium application in two methods promotes drought tolerance in *Solanum lycopersicum* plant by inducing the antioxidant defense system. Sci. Hort. 266.

Ragab, M. E. 2003. Early production of asparagus spears under low plastic tunnels. Arab Univ. J. Agr. Sci., Ain Shams Univ., Cairo 11 (2): 289-802.

Rajashekar, C. B. and M. Panda. 2014. Water stress is a component of cold acclimation process essential for inducing full freezing tolerance in strawberry. Sci. Hort. 174: 54-59.

Raju, J. and G. Byju. 2019. Quantitative determination of NPK uptake requirements of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). J. Plant Nutr. 42 (3): 203-217.

Ram, H. et al. 2021. Peas with zero shelling edible pods: a review. Sci. Hort. 288.

Ranil, R. H. G. et al. 2015. Improving seed germination of the eggplant rootstock *Solanum torvum* by testing multiple factors using an orthogonal array design. Sci. Hort. 193: 174-181.

Rasheed, R. et al. 2018. Glycine betaine counteracts the inhibitory effects of waterlogging on growth, oxidative defence system, nutrient composition, and fruit quality in tomato. J. Hort. Sci. Biotechnol. 93 (4): 385-391.

Razzaq, M. et al. 2017. Interactive effect of drought and nitrogen on growth, some key physiological attributes and oxidative defense system in carrot (*Daucus carota* L.) plants. Sci. Hort. 225: 373-379.

Reddy, G. C. and R. K. Goyal. 2021. Growth, yield and quality of strawberry as affected by fertilizer N rate and bioferilizer inoculation under greenhouse conditions. J. Plant Nutr. 44 (1): 46-58.

Reed, B. M. 2002. Photoperiod improves long-term survival of in vitro-strored strawberry plantlets. HortScience 37 (5): 811-814.

Reitz, N. et al. 2021. Differential effects of excess calcium applied to whole plants vs. excised tissue on blossom-end rot in tomato. Sci. Hort. 290.

Ren, F. et al. 2017. Evaluation of polyphenolic content and antioxidant activity in two onion varieties grown under organic and conventional production systems. J. Sci. Food Agr. 97 (9): 2982-2990.

Rendina, N. et al. 2019. Yield parameters and antioxidant compounds of tomato fruit: the role of plant defence inducers with or without cucumber mosaic virus infection. J. Sci. Food Agr. 99 (12): 5541-5549.

Reva, M. et al. 2021. Arbuscular mycorrhizal inoculation enhances endurance to severe heat stress in three horticultural crops. HortScience 56 (4): 396-406.

Rezaeian, Z. et al. 2022. The effect of spermidine and methionine application through two biosynthetic paths on flowering of early and late flowering genotypes of eggplant (*Solanum melongena* L.). Sci. Hort. 306.

Rhodes, D. 2006. Classification of brassicas. Hort 410 - vegetable Crops. Purdue University. The Internet. 3 pp.

Rieger, M., G. Krewer, and P. Lewis. 2001. Solarization and chemical alternatives to methyl bromide for preplant soil treatment of strawberries. HortTechnology 11 (2): 258-264.

Rivero, R. et al. 2021. Environmental regulation of dormancy, flowering and runnering in two genetically distant everbearing strawberry cultivars. Sci. Hort. 290.

Rocha, I. et al. 2020. Using microbial seed coating for improving cowpea productivity under a low-input agricultural system. J. Sci. Food Agr. 100 (3).

Roddy, E. 2003. Aspragus crown production. Ministry of Agriculture, Food and Rural affairs, Ontario. The Internet.

Rodriguez, A. et a. 2021. Petiole sap nitrate concentration to assess crop nitrogen status of greenhouse sweet pepper. Sci. Hort. 285.

Roehrdanz, M. et al. 2019. Co-composted hydrochar substrates as growing media for horticultural crops. Sci. Hort. 252: 96-103.

Rohwer, C. L. and V. A. Fritz. 2016. Transplant fertilizer solution and early season plastic mulch increase tomato yield in adequate fertility clay loam soil. HortTechnology 26 (4): 460-465.

Roosta, H. R. and M. Bikdeloo. 2022. Nutritional response of grafted cucumber on two types of Iranian local squash to alkalinity and salinity stresses J. Plant Nutr. 45 (8): 1275-1282.

Rosseto, M. et al. 2019. Starch-gelatin film as an alternative to the use of plastics in agriculture: a review. J. Sci. Food Agr. 99 (15).

Rouphael, Y. et al. 2017. Foliar applications of a legume-derived protein hydrolysate elicit dose-dependent increases of growth, leaf composition,

yield and fruit quality in two greenhouse tomato cultivars. Sci. Hort. 226: 353-360.

Rouphael, Y. et al. 2021.Vegetabl-protein hydrolysates based microgranules enhances growth, mineral content, and quality traits of vegetable transplants. Sci. Hort. 290.

Rubatzky, V. E. and M. Yamaguchi. 1999. World vegetables: principles, production and nutritive values (2nd ed.). Aspen Pub., Inc., Gaithersburg, Maryland, USA. 843 pp.

Ruis, S. J. et al. 2019. Using processed corn stover as an alternative to peat. HortScience 54 (2): 385-394.

Ryder, E. J. 2002. The new salad crop revolution. In: J. Janick and A. Whipkey (eds.). Trends in new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA.

Ryder, E. J. and W. Waycott. 1993. New directios in salad crops: new forms, new tools, and old philosophy, pp. 528-532. In: J. Janick and J. E. Simon (eds.). New Crops. Wiley, New York.

Saavedra, T. et al. 2020. A novel plant extract as a biostimulant to recover strawberry plants from iron chlorosis. J. Plant Nutr. 43 (13): 2054-2066.

Sabapathy, S. and H. Nair. 1995. *In vitro* propagation of taro, with spermine, arginine and orinthine. II. Plantlet regemeration via callus. Plant Cell Rep. 14 (8): 520-524.

Sabatino, L. et al. 2018. Hybrids and allied species as potential rootstocks for eggplant: effect of grafting on vigour, yield and overall fruit quality traits. Sci. Hort. 228: 81-90.

Sabatino, L. et al. 2021. Selenium biofortifcation and grafting modulate plant performance and functional features of cherry tomato grown in soilless system. Sci. Hort. 285.

Saghaiesh, S. P. et al. 2019. Effect of different magnesium levels on some morphophysiological characteristics and nutrient elements uptake in Khatouni melons (*Cucumis melo* var. *inodorus*). J. Plant Nutr. 42 (1): 27-39.

Sahin, U. et al. 2015. Ameliorative effects of plant growth promoting bacteria on water-yield relationships, growth, and nutrient uptake of lettuce plants under different irrigation levels. HortScience 50 (9): 1379-1386.

Saia, S. et al. 2019. an endophtic fungi-based biostimulant modulated lettuce yield, physiological and functional quality responses to both moderate and severe water limitation. Sci. Hort. 256.

Saidimoradi, D., N. Ghaderi, and T. Javadi. 2019. Salinity stress mitigation by humic acid application in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.). Sci. Hort. 256.

Sakr, M. T., H. M. Ibrahim. A. E. El-Awady, and A. A. Abo El-Makarm. 2021. Growth, yield and biochemical constituents as well as post-harvest quality of water-stressed broccoli (*Brassica aleraceae* L. var. *italica*) as affected by ceratin biomodulators. Sci. Hort. 275.

Samarah, N. H., N. A. Al-Qurran, R. S. Massad, and G. E. Welbaum. 2020. Treatement of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) seeds with chitosan increases chitinase and glucanase activities and enhances emergence in a standard cold test. Sci. Hort. 269.

Samtani, J. B. et al. 2011. Evaluation of non-fumigant alternatives to methyl bromide for weed control and crop yield in California strawberries (*Fragaria* × *ananassa* L.). Crop Prot. 30: 45-51.

Sanchez, V. M., F. J. Sundstrom, G. N. McClure, and N. S. Lang. 1993. Fruit maturity, storage and postharvest maturation treatments affect bell pepper (*Capsicum annuum* L.) seed quality. Sci. Hort. 54 (3). 191-201.

Sanmartin, C. et al. 2014. Mycorrhizal inoculation affected growth, mineral composition, proteins and sugars in lettuces biofortified with organic or inorganic selenocompounds Sci. Hort. 180: 40-51.

Sanyal, D., J. M. Osorno, and A. Chatterjee. 2020. Influence of Rhizobium inoculation on dry bean yield and symbiotic nitrogen fixation potential. J. Plant Nutr. 43 (6): 798-810.

Saxena, J., G. Rana, and M. Pandey. 2013. Impact of addition of biochar along with *Bacillus* sp. on growth and yield of french beans. Sci. Hort. 162: 351-356.

Savvas, D. et al. 2017. Impact of grafting and rootstock on nutrient-to-water uptake ratios during the first month after planting of hydroponically grown tomato. J. Hort. Sci. Biotechnol. 92 (3): 294-302.

Schiattone, M. I. et al. 2018. Impact of irrigation regime and nitrogen rate on yield, quality and water use efficientcy of wild rocket under greenhouse conditions. Sci. Hort. 229: 182-192.

Schmitt, O. J. et al. 2020. Impact of Cu concentrations in mutrient solution on growth and physiological and biochemical parameters of beet and cabbage and human health risk assessment. Sci. Hort. 272.

Schweig, S. R. and R. N. Brown. 2018. Vegetable amaranths for summer greens production in the Northeastern United States. HortTechnology 28 (3): 399-406.

Semida, W. M., T. A. Abd El-Mageed, K. Hemida, and M. M. Rady. 2019. Natural bee-honey based biostimulants confer salt tolerance in onion via modulation of the antioxidant defence system. J. Hort. Sci. Biotechnol. 94 (5): 632-642.

Semida, W. M. M. et al. 2020. Exogenously applied proline enhances growth and productivity of drought stressed onion by improving photopynthetic efficiency, water use efficiency and up-regulating osmoprotectants. Sci. Hort. 272.

Sergiev, I. et al. 2019. Exogenous auxin type compounds amend PEG-induced physiological responses of pea plants. Sci. Hort. 248: 200-205.

Serna, M. et al. 2015. A brassinosteroid analogue prevented the effect of salt stress on ethylene synthesis and polyamines in lettuce plants. Sci. Hort. 185: 105-112.

Shahid, M. A. et al. 2015. Exogenous 24-Epibrassinolide elevates the salt tolerance potential of pea (*Pisum sativum* L.) by improving osmotic adjustment capacity and leaf water relations. J. Plant Nutr. 38: 1050-1072.

Shahzad, K. et al. 2022. Exogenous application of indole-3-acetic acid to ameliorate salt induced harmful effects on four eggplant (*Solanum melongena* L.) varieties. Sci. Hort. 292.

Shands, H. L. and G. A. White. 1990. New crops in the U. S. national plant germplasm system, pp. 70-75. In: J. Janick and J. E. Simon (eds.). Advances in new crops. Timber Press, Portland, OR.

Sharangi, A. B., R. Chattergee, M. K. Nanda, and R. Rumar. 2011. Gowth and leaf yield dynamics of cool season coriander as influenced by cutting and foliar nitrogen application. J. Plant Nutr. 34 (12): 1762-1768.

Sharma, A. D. et al. 2014. Comparison of various seed priming methods for seed germination, seedling vigour and fruit yield in okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench.). Sic. Hort. 165: 75-81.

Shaukat, M. et al. 2019. Acclimation improves salinity tolerance capacity of pea by modulating potassium ions sequestration. Sci. Hort. 254: 193-198.

Shekari, L., M. M. Kamelmanesh, M. Mozafariyan, M. Hasanuzzaman, and F. Sadeghi. 2017. Role of selenium in mitigation of cadmium toxicity in pepper grown in hydroponic condition. J. Plant Nutr. 40 (6): 761-772.

Shekari, L., H. Aroiee, A. Mishekari, and H. Nemati, 2019. Protective role of selenium on cucumber (*Cucumis sativus* L.) exposed to cadmium and lead stress during reproductive stage: role of selenium on heavy metals stress. J. Plant Nutr. 42 (5): 529-542.

Shen, J.- I. et al. 2019. Exogenous putrescine regulates leaf starch overaccumulation in cucumber under salt stress. Sci. Hort. 253.

Shennan, C. et al. 2018. Anaerobic soil disinfestation is an alternative to soil fumigation for control of some soilborne pathogens in strawberry production. Plant Pathol. 67 (1): 51-66.

Shi, J. et al. 2019. Nondestructive diagnostics of magnesium deficiency based on distribution features of chlorophyll concentrations maps on cucumber leaf. J. Plant Nutr. 42 (20): 2773-2783.

Shi, L. et al. 2020. Economic analysis of anaerobic soil disinfestations for oper-field fresh-market tomato production in southwest and north Florida. HortTechnology 29 (6): 777-787.

Shinohara, T., S. Agehara, K. S. Yoo, and D. I. Leskovar. 2011. Irrigation

and nitrogen management of artichoke: yield, head quality, and phenolic content. HortSicence 46: 377-386.

Shrestha, U., M. E. Dee, B. H. Ownley, and D. M. Butler. 2018. Anaerobic soil disinfestations reduces germination and affects colonization of *Sclerotium rolfsii* sclerotia. Phytopathology 108 (3): 342-351.

Shweta et al. 2021. Nanotchnology: a cutting-edge technology in vegetable production. J. Hort. Sci. Biotechnol. 96 (6): 682-695.

Siadat-Jamian, S. et al. 2019. Qualitative and qualitative response of artichoke to irrigation treatments and planting densities. Sci. Hort. 253: 422-428.

Siamak, S. B. and S. Paolo. 2019. Responses of grafted watermelon onto *Cucurbita pepo* Tiana F1 hybrid to boron nutritional disorders. Hort. Plant J. 5 (5): 213-220.

Silva, S. L. O. et al. 2018. Effects of boron omission and foliar fertilization on nutrition efficiency and production of cowpea. HortScience 53 (11): 1683-1688.

Sim, H. S. et al. 2022. Abscisic acid, carbohydrate, and glucosinolate metabolite profiles in Kimchi cabbage treated with extremely high temperatures and chitosan foliar application. Sci. Hort. 304.

Simsek, O. and H. Celik. 2021. Effects of iron fortification on growth and nutrient amounts of spinach (*Spinacia oleracea* L.). J. Plant Nutr. 44 (18): 2770-2782.

Singh, B. P. and W. F. Whitehead. 1996. Management methods for producing vegetable amaranth, pp. 511-515. In: J. Janick (ed.). Progress in new crops. ASHS Press, Arlington, VA.

Singh, H., P. Kumar, S. Chaudhari, and M. Edelstein. 2017. Tomato grafting: a global perspective. HortScience 52 (10): 1328-1336.

Singh, M., R. K. Saini, S. Singh, and S. P. Sharma. 2019. Potential of integrating biochar and deficit irrigation strategies for sustaining vegetable production in water-limited regions: a review. HortScience 54 (11): 1872-1878.

Sinu, P. A., A. R. Pooja, and K. Aneha. 2019. Overhead sprinkler irrigation affects pollinators and pollination in pumpkin (*Cucurbita maxima*) Sci. Hort. 258.

Sitohy, M. Z. et al. 2020. Pumpkin seed protein hydrolysate treatment alleviates salt stress effects on *Phaseolus vulgaris* by elevating antioxidant capacity and recovering ion homeostasis. Sci. Hort. 271.

Solis, J. et al. 2014. Effect of drought on storage root development and gene expression profile of sweetpotato under greenhouse and field conditions. J. Amer. Soc. Hortt. Sci. 139 (3): 317-324.

Soratto, R. P. et al. 2019. Phosphorus and silicon effects on growth, yield, and phosphorus forms in potato plants. J. Plant Nutr. 42 (3): 218-233.

Souana, K. et al. 2020. Salt-tolerance in *Vicia faba* L. is mitigated by the capacity of salicylic acid to improve photosynthesis and antioxidant response. Sci. Hort. 273.

Souffront, D. K. S. et al. 2022. Influence of vermicompost tea on secondary metabolite production in tomato crop. Sci. Hort. 301.

Souri, M. K. and M. Hatamian. 2019. Aminochelates in plant nutrition: a review. J. Plant Nutr. 45 (1): 67-78.

Souri, M. K., M. Rashidi, and M. H. Kianmehr. 2018. Effects of manure-based urea pellets on growth, yield, and nitrate content in coriander, garden cress, and parsley plants. J. Plant. Nutr. 41 (11): 1405-1413.

Sparke, M-A. et al. 2022. Growth regulation by air stream-based mechanical stimulation in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) - Part I: optimization of application frequency and intensity. Sci. Hort. 304.

Stamford, N. P. 2019. Interactive effectivceness of microbial fertilizer enriched in N on lettuce growth and on characteristics of an Ultisol of the rainforest region. Sci. Hort. 247: 242-246.

Still, D. W. 1999. The development of seed quality in brassica. HortTechnology 9 (3): 335-340.

Su, L. et al. 2021. Cytokinin and auxin modulate cucumber parthenocarpy fruit development. Sci. Hort. 282.

Suchoff, D. H. et al. 2018. Grafting the indeterminate tomato cultivar Moneymaker onto Multifort rootstock improves cold tolerance. HortScience 53 (11): 1610-1617.

Suchoff, D. H. et al. 2018. Rootstock effect on grafted tomato transplant shoot and root responses to drying soils. HortScience 53 (11): 1586-1592.

Suchoff, D. H. et al. 2018. Rootstock improves high-tunnel tomato water use efficincy. HortTechnology 28 (3): 344-353.

Suchoff, D. H. et al. 2019. Effect of rootstock and nitrogen fertilizer on growth and yield in watemelon. J. Hort. Sci. Biotechnol. 94 (6): 798-804.

Suchoff, D. H. 2019. The eefect of grafting on nitrogen use in determinate field-grown tomatous. J. Hort.Sci. Biotechnol. 94 (1): 102-109.

Suchoff, D. H. et al. 2020. Yield and disease resistance for three bacterial wilt-resistant tomato rootstocks. HortTechnology 29 (3): 330-337.

Suja, G., G. Byju, A. N. Tyothi, S. S. Veena, and J. Sreekumar. 2017. Yield, quality and soil health under organic vs conventional farming in taro. Sci. Hort. 218: 334-343.

Suman, S., R. S. Spehia, and V. Sharma. 2016. Productivity of capsicum

as influenced by fertigation with chemical fertilizers and humic acid. J. Plant Nutr. 39 (3): 410-416.

Suojala-Ahlfors, T. and T. L. Laamancen. 2014. Effect of calcium amendment on the calcium content and storage quality of carrot (*Daucus carota* L.). Europ. J. Hort. Sci. 79 (5): 278-282.

Sylvestre, T. de B. et al. 2019. Mineral nitrogen fertilization effects on lettuce crop yield and nitrogen leaching. Sci. Hort. 255: 153-160.

Sytar, O. et al. 2018. Shift in accumulation of flavonoids and phenolic acids in lettuce attributable to changes in ultraviolet radiation and temperature. Sci. Hort. 239: 193-204.

Tabatabaei, S. J. 2016. Interactive effects of Si and NaCl on growth, yield, photosynthesis, and ions content in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* var. Camarosa). J. Plant Nutr. 39 (11): 1524-1535.

Tabesh, M., S. Kiani, and A. H. Khoshgoftarmanesh. 2020. The effectiveness of seed priming and foliar application of zinc-amino acid chelates in comparison with zinc sulfate on yield and grain nutritional quality of common bean. J. Plant Nutr. 43 (14): 2106-2116.

Taha, S. S. and A. Sh. Osman. 2018. Influence of potassium humate on biochemical and agronomic attributes of bean plants grown on saline soil. J. Hort. Sci. Biotechnol. 93 (5): 545-554.

Takatori, F. H. et al. 1980. Establishing the commercial asparagus plantation. Univ. Calif. Div. Agr. Sci. Leaflat 21165. 19 pp.

Talaat, N. B. 2019. Effective microorganisms: an innovative tool for inducing common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) salt-tolerance by regulating photosynthetic rate and endogenous phytohormones production. Sci. Hort. 250: 254-265.

Tamayo, A. 2018. Application of a glass fertilizer in sustainable tomato plant crops. J. Sci. Food Agr. 98 (12).

Tanaka, H. et al. 2018. Storage of plug seedlings of tomato under limited fertilization, and growth, flowering and yield after planting. J. Hort. Sci. Biotechnol. 93 (6): 652-658.

Tanaveer, K. et al. 2020. Effect of salt stress on tomato plant and the role of calcium. J. Plant Nutr. 43 (1): 28-35.

Temperini, O. et al. 2013. Grafting artichoke onto cardoon rootstocks: graft compatibility, yield and verticillium wilt incidence. Sci. Hort. 149: 22-27.

Thakur, V. et al. 2022. Biofortification of vegetable crops for vitamins, mineral and other quality traits. J. Hort. Sci. Biotechnol. 97 (4): 417-418.

Thangasamy, A. et al. 2021. Effects of sulfur fertilization on yield, biochemical quality, and thiosufinate content of garlic. Sci. Hort. 289.

Thapa, U., P. H. Prasad, and R. Rai. 2016. Studies on growth, yield and quality of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck) as influced by boron and molybdenum. J. Plant Nutr. 39 (2): 261-267.

Thompson, W. B. et al. 2017. ‘Covington’ sweetpotato plant survival and yield response to preplant irrigation, planting depth, and transplant size. HortTechnology 27 (6): 824-830.

Thomspon, W. B. et al. 2017. Sweetpotato transplant holding duration effects on plant survival and yield. HortTechnology 27 (6): 818-823.

Tigka, T. and I. Ipsilantis. 2020. Effects of sand dune, desert and field arbuscular mycorrhizae on lettuce (*Lactuca sativa* L.) growth in a natural saline soil. Sci. Hort. 264.

Tinna, D. et al. 2020. Utilization of plant growth promoting rhizobacteria as root dipping of seedlings for improving bulb yield and curtailing mineral fertilizer use in onion under field conditions. Sci. Hort. 270.

Tiwari, R. K. et al. 2020. Emerging roles of melatonin in mitigating abiotic and biotic stresses of horticultural crops. Sci. Hort. 272.

Toni, H. C. et al. 2021. Tomato (*Solanum lycopersicum*) pollinators and their effect on fruit set and quality. J. Hort. Sci. Biotechnol. 96 (1): 1-13.

Toporek, S. M. and A. P. Keinath. 2020. Evaluating cucurbit rootstocks to prevent disease caused by *Pythium aphanidermatum* and *P. myriotylum* on watermelon. Plant Dis. 104.

Torres-Quezada, E. A. et al. 2015. Initial crown diameter of strawberry bare-root transplants affects early and total fruit yield. HortTechnology 25 (2): 203-208.

Torres-Quezada, E. A. et al. 2020. Production techniques for strawberry plugs in west-central Florida. HortTechnology 30 (2): 238-247.

Toscano-Verduzco, F. A. et al. 2020. Phosphates solubilization, indole-3-acetic acid and siderophores production by *Beauveria brongniartii* and its effect on growth and fruit quality of *Capsicum chinense*. J. Hort. Sci. Biotechnol. 95 (2): 235-246.

Tripodi, G., C. Condurso, F. Cincotta, M. Merlino, and A. Verzera. 2020. Aroma compounds in mini-watermelon fruits from different grafting combinations. J. Sci. Food. Agr. 100 (3).

Tsror, L. et al. 2020. Control of potato powdery scab caused by *Spongospora subterranea* by foliage cover and soil application of chemicals under field conditions with naturally infested soil. Plant Pathol. 69 (6): 1070-1082.

Turan, M. et al. 2021. Effect of biostimulants on yield and quality of cherry tomatoes grown in fertile and stressed soils. HortScience 56 (4): 414-423.

UG, University of Georgia. 2007. Commercial tomato production handbook. Coopenative Extension. Bul. 1312. The Internet.

UG, University of Georgia. 2009. Commercial pepper production handbook. Cooperative Extension. Bul. 1309. 56 pp. The Internet.

Volcárcel, M. et al. 2020. Controlled deficit irrigation as a water-saving strategy for processing tomato. Sci. Hort. 261.

Valdovinos-Nava, W. et al. 2020. Effects of biological and mineral fertilization on the growth, nutrition, and yield of *Capsicum chinense* under greenhouse conditions. J. Plant Nutr. 43. (15): 2286-2298.

Valverde, J. et al. 2015. Variation of bioactive content in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) grown under conventional and organic production systems. J. Sci. Food Agr. 95 (6): 1163-1171.

Van der Toorn, P. and C. M. Karssen. 1993. The origin of variation in seed density in celery (*Apium graveolens* L.). Annals of Applied Biology 123 (1): 133-139.

Vavrina, C. S. 2008. Pepper stem scald: aphysiological problem. «http://edis.ifas.ufl.edu/scripts/HS108» .

Vega-Alfaro, A. et al. 2021. Effects of interspecific grafting between *Capsicum* species on scion fruit quality characteristics. HortScience 56 (10).

Vega-Castellote, M. et al. 2022. Assessment of watermelon maturity using portable new generation NIR spectrophotometers. Sci. Hort. 304.

Velandia, M. et al. 2020. Use of polyethylene and plastic biodegradable mulches among Tennessee fruit and vegetable growers. HortTechnology 30 (2): 212-218.

Viacava, G. E., R. Goyeneche, M. G. Goni, S. I. Roura. and M. V. Aguero. 2018. Natural elicitors as preharvest treatments to improve postharvest quality of butterhead lettuce. Sci. Hort. 228: 145-152.

Viciedo, D. O. et al. 2020. Physiological role of silicon in radish seedlings under ammonium toxicity. J. Sci. Food Agr. 100 (15).

Villavicencio, L. E., J. A. Bethke, and L. Corkidi. 2015. Effect of uniconazole on the control of plant height and fruit yield of potted tomato, pepper, and eggplant. HortTechnology 25 (4): 522-527.

Villordon, A., J. C. Gregorie, and D. LaBonte. 2020. Variation in phosphorus availability, root architecture attributes, and onset of storage root formation among sweetpotato cultivars. HortScience 55 (12): 1903-1911.

Villordon, A. and J. C. Gregorie. 2021. Variation in boron availability alters root architecture attributes at the onset of storage root formation in three sweetpotato cultivars. HortScience 56 (11).

Wala, M. et al. 2022. Effect of the Fe-HBFO chelate on the nutritional quality of tomato fruits. Sci. Hort. 293.

Wang, X. et al. 2021. Control of southern root-knot nematodes on tomato and regulation of soil bacterial community by biofumigation with *Zanthoxylum bungeanum* seed. Hort. Plant J. 7 (1): 49-58.

Wang, D. et al. 2022. Application of humic acid compound fertilizer for increasing sweet potato yield and improving the soil fertility. J. Plant Nutr. 45 (13): 1933-1941.

Wang, J. et al. 2022. *Bacillus velezensis* SX13 promoted cucumber growth and production by accelerating the absorption of nutrients and increasing plant photosynthetic metabolism. Sci. Hort. 301.

Wang, S. et al. 2022. Photosynthetic characteristics combined with metabolomics analysis revealed potential mechamisms of cucumber (*Cucumis sativus*) yield reduction induced by different phosphorus stresses. Sci. Hort. 302.

Warmund, M. R. et al. 2021. Antitranspirants partially mitigate auxin herbicide injury on tomato plants. HortScience 56 (8).

Weber, N. et al. 2018. First fruit in season: seaweed extract and silicon advance organic strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) fruit formation and yield. Sci. Hort. 242: 103-109.

Weil, S. et al. 2021. Plant growth and calcium and potassium accumulation in lettuce under different nitrogen regimes of ammonium and nitrate nutrition. J. Plant Nutr. 44 (2): 270-281.

Willden, S. A. et al. 2021. The effect of plastic low tunnels on natural enemies and pollinators in New York Strawberry. Crop Prot. 151.

Wilson, J. E. 1988. Sweet potato (*Ipomoea batatas*) planting material. IRETA Pub. No. 2/88. 10 p. The Internet.

Wu, X. X., H. D. Ding, J. L. Chen, Z. W. Zhu, and D. S. Zha. 2015. Exogenous spray application of 24-epibrassinolide induced changes in photosynthesis and anti-oxidant defences against chilling stress in eggplant (*Solanum melongena* L.) seedlings. J. Hort. Sci. Biotechnol. 90 (2): 217-225.

Wu, X. X., J. L. Chen, S. Xu, Z. W. Zhu, and D. S. Zha. 2016. Exogenous 24-epibrassinolide alleviates zinc-induced toxicity in eggplant

(*Solanum melongena* L.) seedlings by regulating the glutathione-ascorbate dependent detoxification pathway. J. Hort. Sci. Biotechnol. 91 (4): 412-420.

Wu, L., W. Huo, D. Yao, and M. Li. 2019. Effects of solid matrix priming (SMP) and salt stress on broccoli and cauliflower seedgermination and early seelding growth. Sci. Hort. 255: 161-168.

Wu, Y. et al. 2019. Foliar application of S-aminolevulinic acid (ALA) alleviates NaCl stress in cucumber (*Cucumis sativas* L.) seedlings through the enhancement of ascorbate-glutathione cycle. Sci. Hort. 257.

Wu, Y. et al. 2020. Combined application of soluble organic and chemical fertilizers in drip fertigation improves nitrogen use efficiency and enhances tomato yield and quality. J. Sci. Food Agr. 100 (15) 5422-5433.

Wu, S. et al. 2021. Exogenous melatonin improves physiological characteristics and promotes growth of strawberry seedlings under cadmium stress. Hort. Plant J. 7 (1): 13-22.

Wu, Y. et al. 2021. Responses of growth, fruit yield, quality and water productivity of greenhouse tomato to deficit drip irrigation. Sci. Hort. 275.

Wu, X. et al. 2022. Absicsic acid and reactive oxygen. species were involved in slightly acidic electrolyzed water-promoted seed germination in watermelon. Sci. Hort. 291.

Wurr, D. C. E. and J. R. Fellows. 1986. The influence of transplant age and raising conditions on the growth of crisp lettuce plants raised in techniculture plugs. J. Hort. Sci. 61: 81-87.

Wurr, D. C. E., A. J. Hambidge, J. R. Fellows, J. R. Lynn, and D. A. C.

Pink. 2002. The influence of water stress during crop growth on the postharvest quality of broccoli. Popstharvest Biol. Technol. 125: 193-198.

Xie, J. H., E. S. Cardenas, T. W. Sammis, M. M. Wall, D. L. Lindsey, and L. W. Murray. 1999. Effects of irrigation method on chile pepper yield and Phytophthora root rot incidence. Agr. Water Manag. 42 (2): 127-142.

Xu, C. and B. Mou. 2016. Responses of spinach to salinity and nutrient deficiency in growth, physiology, and nutritional value. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 141 (1): 12-21.

Xu, C. and B. Mou. 2016. Short-term effects of composted cattle manure or cotton burr on growth, physiology, and phytochemicals of spinach. HortScience 51 (12): 1517-1523.

Xu, C. and B. Mou. 2016. Vermicompost affects soil properties and spinach growth, physiology, and nutritional value. HortScience 51 (7): 847-855.

Xu, C. and B. Mou. 2018. Chitosan as soil amendment affects lettuce growth, photochemical efficiency, and gas exchange. HortTechnology 28 (4): 476-480.

Xu, X. et al. 2022. Effects of selenium fertilizer application and tomato varieties on tomato fruit quality: a meta-analysis. Sci. Hort. 304.

Yadegari, M., H. A. Rahmani, G. Noormohammadi, and A. Ayneband. 2010. Plant growth promoting rhizobacteria increase growth, yield, and nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris*. J. Plant Nutr. 33 (12): 1733-1743.

Yaghubi, K. et al. 2016. Potassium silicate alleviates deleterious effects

of salinity on two strawberry cultivars grown under soilless pot culture. Sci. Hort. 213: 87-95.

Yadav, S. K. et al. 2015. Quality improvement of aged cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) seeds using chlorophyll fluorescence sensor. Sci. Hort. 189: 81-85.

Yamamoto, T., K. Matsuo, and A. Yamasaki. 2016. Transplant depth of cabbage plug seedlings affects root distribution and anchorage resistance. Sci. Hort. 213: 144-151.

Yamanouchi, H. et al. 2022. Effects of flooding cultivation on the composition and quality of taro (*Colocasia esculenta* cv. Daikichi). J. Sci. Food Agr. 102 (4): 1372-1380.

Yan, Z., T. Ma, S. Guo, R. Liu, and M. Li. 2021. Leaf anatomy, photosynthesis and chlorophyll fluorescence of lettuce as influenced by arbuscular mycorrhizal fungi under high temperature stress. Sci. Hort. 280.

Yan, Z. et al. 2021. Morphological and physiological responses of cucumber seedlings to different combinations of light intensity and photoperiod with the same light integral. HortScience 56 (12).

Yan, M. et al. 2022. The involvement of abscisic acid in hydrogen gas-enhanced drought resistance in tomato seedlings. Sci. Hort. 292.

Yang, X. et al. 2018. Effect of glycine nitrogen on lettuce growth under soiless culture: a metabolomics approach to identify the main changes accurred in plant primary and secondary metabolism. J. Sci. Food Agr. 98 (2): 467-477.

Yang, G. et al. 2021. Liquid urea-formaldehyde slow release fertilizer reduced the frequency of fertigation and increased the yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). J. Plant Nutr. 44 (20): 2971-2983.

Yang, X. et al. 2022. Exogenous spermidine enhances the photosynthesis and ultrastructure of lettuce seedlings under high-temperature stress. Sci. Hort. 291.

Yavaz, D. et al. 2022. The effect of irrigation water salinity on the morpho-physiological and biochemical properties of spinach under deficit irrigation conditions. Sci. Hort. 304.

Yeasmin, R. et al. 2019. Arbuscular mycorrhiza influences growth and nutrient uptake of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) under heat stress. HortScience 54 (5): 846-850.

Yin, X. M. et al. 2022. Effect of inorganic nitrogen and phosphorus on morphology, ion uptake and photosynthesis activity in Jerusalem artichoke plants under salt stress. J. Plant Nutr. 45 (9): 1378-1392.

Yooyongwech, S. et al. 2016. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) improved water deficiet tolerance in two differet sweet potato genotypes involves osmatic adjustments via soluble sugar and free proline. Sci. Hort. 118: 107-117.

You, S. et al. 2021. Soil environment and spectra properties coregulate tomato growth, fruit quality, and yield in defferent colored biodegradable paper mulching during the summer season. Sci. Hort. 275.

Zahedipour-Sheshglani, P. and M. Asghari. 2020. Impact of foliar spray with 24-epibrassinolide on yield, quality, ripening physiology and productivity of the strawberry. Sci. Hort. 268.

Zandvakili, O. R. et al. 2019. Biomass and nutrient concentration of lettuce grown with organic fertilizers J. Plant Nutr. 42 (5): 444-457.

Zeist, A. R. et al. 2020. Effect of aclimation environments, grafting methods and rootstock RVTC-66 on the seedling development and production of tomato. Sci. Hort. 271.

Zellner, W. et al. 2021. Silicon's role in plant stress reduction and why this element is not used routinely for managing plant health. Phytopathlology 111.

Zhang, A., H. Li, Z. Tang, and X. Chen. 2015. Growth and physiological response to nitrogen deficiency and re-supply in leaf-vegetable sweetpotato (*Ipomoea batas* Lam.). HortScience 50 (5): 754-758.

Zhang, M., C. Hu, X. Zhao, Q. Tan, and X. Sum. 2016. Co-application of molybdenum and selenium fertilizers increase uptake, recovery and harvest index of molybdenum and selenium in pepper crops. J. Plant Nutr. 39 (2): 244-251.

Zhang, J., L. Zeng, H. Sun, H. Wu, and S. Chen. 2017. Adversity stress-related responses at physiological attributes, transctiptional and enzymatic levels after exposure to Cu in *Lycopersicum esculentum* seedlings. Sci. Hort. 222: 213-220.

Zhang, X., S. You, Y. Tian, and J. Li. 2019. Comparison of plastic film, biodegrable paper and bio-based film mulching for summer tomato production: soil properties, plant growth, fruit yield and fruit quality. Sci. Hort. 249: 38-48.

Zhang, X. et al. 2019. Copper chlorophyllin impacts on growth and drought stress tolerance of tomato plants. HortScience 54 (12): 2195-2201.

Zhang, T. et al. 2020. Alleviating effects of exogenous melatonin on salt stress in cucumber. Sci. Hort. 262.

Zhang, Z. et al. 2020. Calcium is involved in exogenous NO-induced enhancement of photosynthesis in cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings under low temperature. Sci. Hort. 261.

Zhang, Z., S. Gao, and C. Shan. 2020. Effects of sodium selenite on the antioxidant capacity and the fruit yield and quality of strawberry under cadmium stress. Sci. Hort. 260.

Zhang, G., Z. Yan, Y. Wang, Y. Feng, and Q. Yuan. 2020. Exogenous proline improve the growth and yield of lettuce with low potassium content. Sci. Hort. 271.

Zhang, D. et al. 2021. Effect of fresh chicken manure as a non-chemical soil fumigant on soil-borne pathogens, plant growth and strawberry fruit profitability. Crop. Prot. 146.

Zhang, J. et al. 2021. Effect of phosphate-solubilizing bacteria on the gene expression and inhibition of bacterial fruit blotch in melon. Sci. Hort. 282.

Zang, W. and T. Du. 2022. Fersh/brackish watering at growth period provided a trade-off between letuce growth and resistance to NaCl-induced damage. Sci. Hort. 304.

Zhang, X. et al. 2022. Exogenous strigolactones alleviate the photosynthetic inhibition and oxidative damage of cucumber seedlings under salt stress. Sci. Hort. 297.

Zhao, F. J., A. P. Wood, and S. P. McGrath. 1999. Effects of sulphur nutrition on growth and nitrogen fixation of pea (*Pisum sativum* L.). Plant and Soil 212. (2): 209-219.

Zhao, C. et al. 2022. Melatonin is a potential target for improving horticultural crop resistance to abiotic stress. Sci. Hort. 291.

Zhao, H. et al. 2022. Melatonin reduces photo inhibition in cucumber during chilling by regulating the Calvin-Benson cycle. Sci. Hort. 299.

Zhang, H. et al. 2022. Nitrogen management can inhibit or induce the sprouting of potato tubers: consequences of regulation tuberization. Postharvest Biol. Technol. 183.

Zheng, P. et al. 2016. Nitric oxide enhances the nitrate stress tolerance of spinach by scavenging ROS and RNS. Sci. Hort. 213: 24-33.

Zheng, Y. et al. 2020. The interactive effects of daytime high temperature and humidity on growth and endogenous hormone concentration of tomato seedlings. HortScience 55 (10): 1575-1583.

Zhou, Y. et al. 2019. Application of exogenous glutathione confers salinity stress tolerance in tomato seedlings by modulating ions homeostasis and polyamine metabolism. Sci. Hort. 250: 45-58.

Zhou,, H. et al. 2020. Nitrogen application modified the effect of deficit irrigation on tomato transpiration, and water use efficiency in different growth stages. Sci. Hort. 263.

Zhou, Z. et al. 2022. Rootstock-sion interactions affect fruit flavor in gafted tomato. Hort. Plant J. 8 (4): 499-510.

Zhu, Q. et al. 2017. Effect of phosphorus rates on growth, yield, and postharvest quality of tomato in a calcareous soil. HortScience 52 (10): 1406-1412.

Zhu, Q. et al. 2017. Responses of tomato to potassium rates in a calcareous soil. 52 (5): 764-769.

Zhu, B. et al. 2022. Functions of arbuscular mycorrhizal fungi in horticultural crops. Sci. Hort. 303.

Zuo, Y. et al. 2018. Application of vermicompost improves strawberry growth and quality through increased photosynthesis rate. free radical scavenging and soil enzymatic activity. Sci. Hort. 233: 132-140.

المؤلف فى سطور



دكتور أحمد عبد المنعم حسن – أستاذ الخضر المتفرغ بكلية الزراعة، جامعة القاهرة – من مواليد محافظة البحيرة – جمهورية مصر العربية - ١٩٤٢.

حصل على البكالوريوس من جامعة الإسكندرية بتقدير ممتاز مع مرتبة الشرف الأولى عام ١٩٦٢، والماجستير من جامعة ولاية نورث كارولينا ١٩٦٦، والدكتوراه من جامعة كورنل بالولايات المتحدة ١٩٧٠.

عمل بالتدريس وإجراء الأبحاث العلمية فى جامعات القاهرة، والإسكندرية، وبغداد، والإمارات العربية المتحدة.

أشرف على عديد من طلبة الدراسات العليا فى جامعات القاهرة، وعين شمس، وبغداد، وشارك فى مناقشة عديد من رسائل الماجستير والدكتوراه، وفى تقييم المتقدمين للترقيات العلمية فى عديد من الجامعات المصرية والعربية.

عضو عديد من اللجان والجمعيات العلمية المحلية والعالمية.

له ٨٠ مؤلفًا علميًّا وأكثر من ٩٠ بحثًا علميًّا منشورة فى الدوريات العلمية المحلية والعالمية، إضافة إلى حوالى ٢٧ نشرة إرشادية.

حصل على جائزة الدولة التشجيعية ووسام العلوم والفنون من الطبقة الأولى (أكاديمية البحث العلمى – مصر) عام ١٩٨٤، وأربع جوائز عن التأليف العلمى الزراعى (وزارة الزراعة – مصر) عام ١٩٨٤ والجائزة الأولى لندوة الثقافة والعلوم (دبى) عام ١٩٩١.

ويمكن الإطلاع على مؤلفات الدكتور/ أحمد عبدالمنعم حسن فى صفحته على جوجل، وهى:

https://sites.google.com/view/prof-ahmed-hassan-site/home